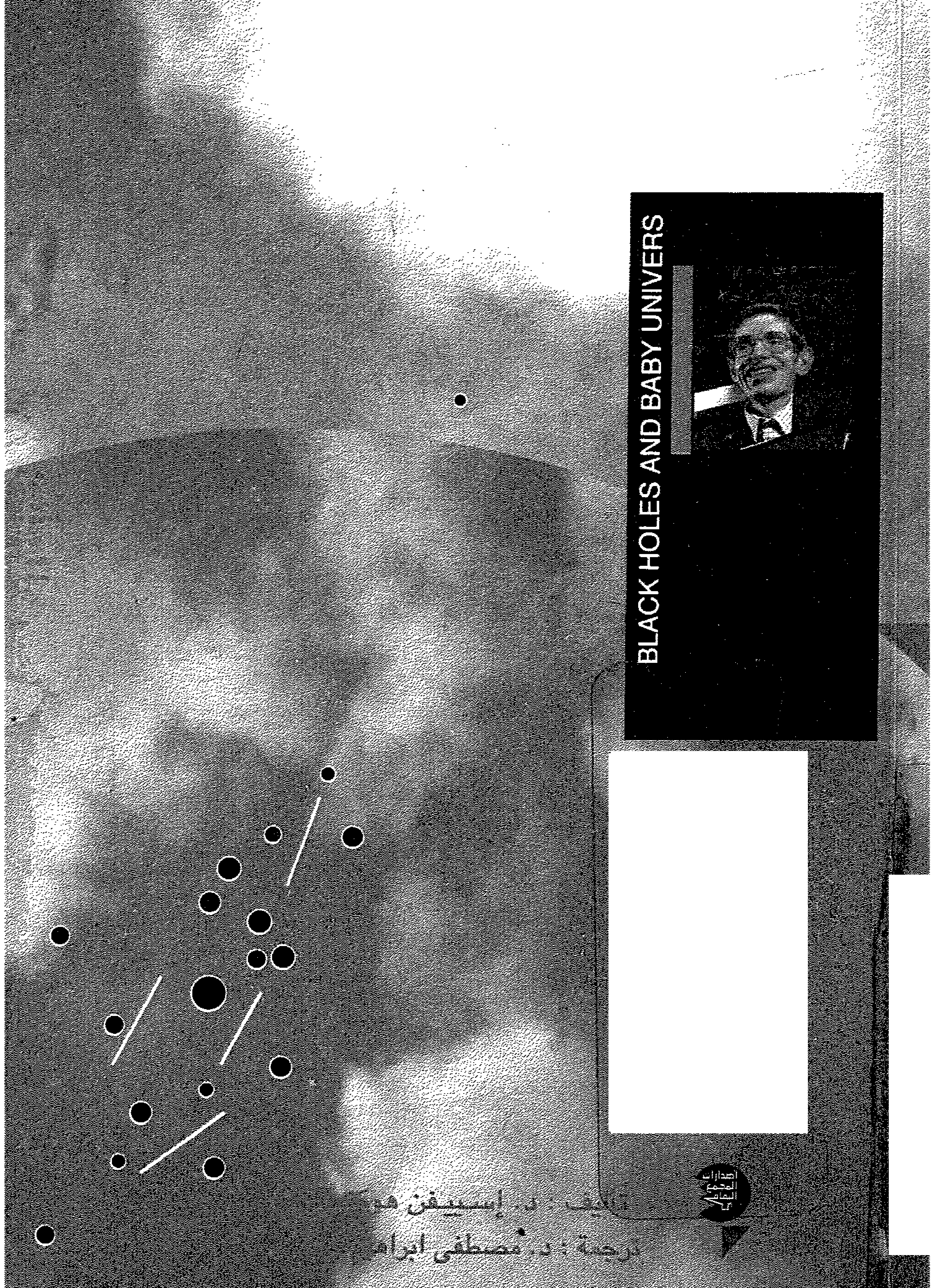

BLACK HOLES AND BABY UNIVERS
اصدارات
المجمع
تأليف : د. إستيفن هو
ترجمة : د. مصطفى ابراه

الثقوب السوداء

الثقوب السوداء

تأليف : د. ستيفن هوكنج

ترجمة : د. مصطفى ابراهيم فهمي

الطبعة الأولى

1995

منشورات المجمع الثقافي

Cultural Foundation Publications

ص. ب ٢٣٨٠ ـ ابوظبي ـ الإمارات العربية المتحدة ـ هاتف : ٢١٥٣٠٠

P.O. BOX : 2380 - ABU DHABI - U . A . E . - TEL. 215300 - CULTURAL FOUNDATION

مؤلف هذا الكتاب واحد من أبرز علماء الفيزياء النظرية في النصف الثاني من القرن العشرين، وهو ستيفن هوكنج أستاذ الرياضيات بجامعة كمبردج في إنجلترا، ويشغل نفس كرسي الأستاذية الذي كان يشغله إسحق نيوتن، وهوكنج مثله مثل نيوتن وآينشتين يعد من الأعمدة الرئيسية للفيزياء.

وقد سبق لي أن ترجمت مؤلفا آخر لهوكنج كان ومازال من أروج كتب العلم المبسَّط، وهو كتاب «تاريخ موجز للزمان»- دار الثقافة الجديدة القاهرة، حيث قدم فيه هوكنج عرضاً لنظريته عن الكون والطريقة التي نشأ بها وكيف قد ينتهي. أما في كتابنا هذا فإن هوكنج يبدأ بملخص لسيرة حياته ودراسته منذ الطفولة، ثم صراعه الرهيب ضد مرض يصيب الأعصاب والعضلات بالضمور. وقد أصابه هذا المرض وهو طالب في الجامعة، وتنبأ الأطباء لهوكنج بموته في ظرف عامين على الأكثر، إلا أنه خلافا لكل المتوقع عاش بعد هذه النبوءة لأكثر من ثلاثين عاماً وما زال حياً للآن. ولكن مرضه هذا جعله حبيساً في مقعده ذي العجلات، ولا

يستطيع أن يكتب ولا أن يتكلم ، وإنما هو يستعين لذلك بجهاز كمبيوتر خاص . ومع أنهُ مُقْعد هكذا بدنياً إلا أن هذا لم يعقه ذهنياً عن الاستمرار في نشاطه العلمي الفذ ، كما أنه قبل أن يستفحل مرضه تزوج وأنجب ثلاثة أطفال .

وإلى جانب هذه السيرة الذاتية الملحمية ، يحوي الكتاب أيضا مجموعة محاضرات وأحاديث ومقالات ألّفها هوكنج على مر السنين حتى عام ١٩٩٣ عند ظهور الكتاب . وهو في هذه المحاضرات والمقالات يتوجه لغير المتخصصين ليقدم خلاصة نظرياته التي كان لها دويُّها في الأوساط العلمية ، مثل إثباته لنشأة الكون بالانفجار الكبير ، وأعماله عن تقلص النجوم إلى ثقوب سوداء ونظريته عن احتمال وجود أكوان عديدة تبدأ في نشأتها كالبراعم الصغيرة أو الأكوان الطفلة . ثم هناك تلهفه إلى ظهور نظرية كبرى تفسر كل الفيزياء والكون ، وهذا حلم كلّ علماء الفيزياء والذي كان إينشتين يتوق إلى تحقيقه ومات قبل أن يصل إلى ذلك . ويرى هوكنج أن الوصول إلى هذه النظرية التي تفسر كل شئ قد أصبح وشيكا ، ويبيّن الشروط اللازمة لتحقيق نظرية كهـذه .

وهوكنج يعرض هذا كله بأسلوب ممتع شيق يجعل مصطلحات مثل المفردة والثقب الأسود تبدو وكأنها من تعبيرات الحياة اليومية . والكتاب هكذا يتيح للقارئ غير المتخصص أن يلم بأحدث تطورات الفيزياء الحديثة التي تقود الآن كل التقدم العلمي في العالم .

المترجم

د. مصطفى ابراهيم فهمي

• تمهيـــد

يحوي هذا الكتاب مجموعة من الموضوعات التي كتبتها في الفترة من ١٩٧٦ حتى ١٩٩٢ . وهي تتراوح ابتداءً من الخطوط الأولية لسيرة ذاتية ، ثم مروراً بموضوعات من فلسفة العلم ، فمحاولات لتفسير ما أحسُّ به من انفعال بالعلم والكون . ويُختتم الكتاب بنسخة طبق الأصل من برنامج «أسطوانات الجزيرة الصحراوية» الذي ظهرت فيه . والبرنامج تنتجه مؤسسة بريطانية متميزة ويطلب فيه من الضيف أن يتخيل نفسه (أو نفسها) وقد أُلقي به ، بعد غرق مركبه ، في جزيرة صحراوية ويُدعى إلى اختيار ثماني أسطوانات يزجِّي بها وقته حتى يتم إنقاذه . ولحسن الحظ لم يكن عليَّ أن أنتظر طويلاً حتى أعود ثانية إلى المدينة .

ولما كانت هذه الموضوعات قد كتبت عبر فترة من ستة عشر عاما ، فإنها تعكس ما لي من معرفة وقتها ، وهي معرفة أرجو أن تكون قد تزايدت على مَرّ السنين . وبالتالي ، فقد ذكرت تاريخ ومناسبة تأليف كلّ من هذه الموضوعات . وحيث أن كل موضوع منها قد قُصد به أن يكون مستقلاً ذاتياً فإن هناك قدراً من التكرار هو مما لا يمكن تجنبه . وقد حاولت الإقلال

منه ، ولكن بعضه مازال باقيا .

وثمة عدد من الموضوعات التي في هذا الكتاب قد وضعت أصلاً كأحاديث ، وقد كان صوتي عادة يعاني من تداخل الكلمات بحيث كان عليَّ أن أتحدث في المحاضرات والندوات عن طريق شخص آخر ، يكون عادة من طلبة البحث عندي الذين يستطيعون فهم ما أقول أو يقرأون نصاً قد كتبته . على أنني أجريت عملية في ١٩٨٥ محت تماما كلَّ قدراتي على الكلام . وهكذا ظللت زمناً بدون أي وسيلة للتواصل . وفي النهاية جهّزتْ لي منظومةُ كمبيوتر ، مَخْلَقَ كلامٍ رائع الجودة . ولدهشتي ، وجدت أني أستطيع أن أكون متحدثا جماهيريا ناجحا أتوجه بخطابي إلى جمهور كبير من المستمعين . وأنا ممن يمتعهم تفسير العلم والإجابة عن الأسئلة . وليس عندي شك في أنه عليّ أن أتعلم الكثير من حيث تحسين أدائي ، على أنّي آمل أن أكون في تحسّن بالفعل . ولكم أن تحكموا بأنفسكم عن مدى هذا التحسن من قراءة هذه الصفحات .

ولست أتفق مع الرأي بأن الكون سرٌّ من الأسرار ، وأنه أمر يمكن للواحد منا أن يحدس بشأنه ، ولكنه لا يمكننا أبدا أن نحلله أو نفهمه على الوجه الأكمل . فأنا أحس أن هذا الرأي لا ينصف الثورة العلمية التي بدأت بجاليليو منذ ما يقرب من أربعمائة عام واستمرت على يد نيوتن . فهما قد بيّنا لنا أن هناك على الأقل بعض مجالات في الكون لا تسلك سلوكا اعتباطيا ، وإنما هي محكومة بقوانين رياضية دقيقة . ومنذ ذلك الوقت ونحن نوسّع عبر السنين من عمل جاليليو ونيوتن بما يكاد يشمل كل مجال في الكون . ولدينا الآن قوانين رياضية تحكم كل شيء مما نخبره طبيعيا . ومما يقاس به نجاحنا أنه علينا الآن أن ننفق البلايين من الدولارات لبناء ماكينات ضخمة لتعجيل سرعة الجسيمات بما يصل إلى طاقة جد عالية حتى أننا لا

نعرف بعد ماذا سيحدث عندما تتصادم هذه الجسيمات . وهذه الجسيمات ذات الطاقة العالية جدا لا توجد على الأرض في الأوضاع الطبيعية ، وبالتالي فإنه قد يبدو من الأمور الأكاديمية غير الضرورية أن ننفق مبالغ هائلة على دراستها . على أن هذه الجسيمات هي مما يمكن أن يكون قد حدث في الكون المبكر ، وبالتالي فإننا يجب أن نكتشف ما الذي يحدث عند هذه الطاقات إذا كنا نريد أن نفهم كيف بدأنا نحن والكون .

ومازال هناك قدر كبير مما لا نعرفه ولا نفهمه بشأن الكون ، إلا أن ما صنعناه من تقدم ملحوظ ، خاصة في الأعوام المائة الأخيرة ، ينبغي أن يشجعنا على الإيمان بأن اكتمال فهمنا للأمر ليس مما يتجاوز قدراتنا . ولعلنا لم يحكم علينا بأن نظل دائما نتلمس طريقنا في الظلام . وقد ننجح في التوصل إلى نظرية كاملة عن الكون . وفي هذه الحالة سنكون حقا سادة هذا الكون .

والمقالات العلمية التي في هذا الكتاب قد كتبتها عن إيمان بأن الكون محكوم بنظام يمكننا الآن إدراكه جزئيا وربما سوف نفهمه بالكامل في مستقبل لن يكون جد بعيد . وربما كان هذا الأمل مجرد سراب ، وقد لا تكون هناك نظرية نهائية ، أو حتى لو كان لها وجود فإننا قد لا نعثر عليها . ولكن من المؤكد أن نضالنا في سبيل الفهم الكامل هو أفضل من أن يتملكنا اليأس من العقل البشري .

ستيفن هوكنج

٣١ مارس ١٩٩٣

1

الـطـفـولـة..[1]

ولدت في ٨ يناير ١٩٤٢ أي بالضبط بعد موت جاليليو بثلاثمائة عام ، على أني أقدّر أن ما يقرب من مائتي ألف طفل آخر قد ولدوا في نفس ذلك اليوم . ولست أعرف إن كان أيٌّ منهم قد أبدى فيما بعد اهتماما بالفلك . وقد ولدت في أكسفورد وإن كان والدايّ وقتها يعيشان في لندن . وسبب ذلك أن أكسفورد كانت مكاناً ملائماً للولادة أثناء الحرب العالمية الثانية : فقد كان ثمة اتفاق مع الألمان على ألا يُلقوا القنابل على أكسفورد وكمبردج وذلك مقابل ألا يُلقي البريطانيون القنابل على هايدلبرج وجوتنجن . ومن أسف أن هذا النوع المتحضر من الترتيبات لم يكن مما يمكن التوسع فيه ليشمل مُدُناً أكثر .

وأبي من يوركشير . وجدّه ، أي جدي الأكبر ، كان مزارعاً ثرياً ثم

اشترى من المزارع أكثر مما ينبغي فأصابه الإفلاس أثناء الركود الزراعي في بداية هذا القرن . وقد نتج عن هذا أن أصبح والدا أبي في عسر مالي ، ولكنهما تمكنا من إيفاده إلى اكسفورد ، حيث درس الطب . وعمل بعدها في أبحاث طب المناطق الحارة . وفي ١٩٣٧ سافر إلى شرق أفريقيا . وعندما بدأت الحرب قام برحلة برية عبر أفريقيا ليركب السفينة عائداً إلى إنجلترا ، حيث تطوع للخدمة في الجيش . على أنه قد أُخطر بأنه أكثر نفعاً في البحث العلمي .

أما أمي فقد ولدت في جلاسجو باسكتلندا ، وكانت الطفل الثاني من بين سبعة أطفال لطبيب عائلي . وانتقلت الأسرة جنوبا إلى ديفون عندما كانت أمي في الثانية عشرة من عمرها . وعائلة أمي ، مثل عائلة أبي ، لم تكن ميسورة ، على أنهم تمكنوا من إدخال أمي في أكسفورد . وبعد أكسفورد عملت أمي في وظائف كثيرة ، بما في ذلك وظيفة مفتش ضرائب ، وهي وظيفة لم تكن تحبها . ثم انقطعت عن ذلك العمل لتصبح سكرتيرة . وكانت هذه الطريقة التي قابلت بها أبي في السنوات الأولى من الحرب .

هذا وقد عشنا في هاي جيت بشمال لندن . وقد ولدت أختي ماري بعدي بثمانية عشر شهرا . وقيل لي إني لم أرحب بقدومها . وطوال كل طفولتنا كان هناك بعض توتر في ما بيننا ، يغذيه ما كان بين عمرينا من فارق ضئيل . على أن هذا التوتر اختفى في حياتنا الراشدة ، حيث ذهب كلٌّ منا في طريق مختلف ، وأصبحت هي طبيبة ، الأمر الذي أسعد أبي . أما أختي

الصغرى فيليبا فقد ولدت وأنا أناهز الخامسة حيث كان في إمكاني فهم مايحدث . وأستطيع أن أتذكر تطلعي إلى قدومها حيث سيكون هناك ثلاثة منا يلعبون المباريات معا . وفيليبا كانت طفلة شديدة العاطفة والإدراك . وقد ظللت دائما أحترم آراءها وأحكامها . أما أخي إدوارد فقد وصل في وقت متأخر جداً ، وأنا في الربعة عشر ، وبالتالي فإنه تقريبا لم يدخل في طفولتي . وكان إدوارد يختلف كثيرا عن الأطفال الثلاثة الآخرين ، فميوله كانت بالكامل غير أكاديمية وغير ثقافية . ولعل هذا كان هو الأفضل لنا . كما أن إدوارد كان طفلاً صعباً بعض الشيء ، ولكن الواحد لا يملك إلا أن يحبه .

وأول ذكرياتي هي وقوفي في حضانة دار بايرون في هاي جيت وأنا أبكي بكاءً مراً . وكان الأطفال يلعبون من حولي في كل مكان بما بدا وكأنه دُمَى رائعة . وأنا أريد أن أنضم إليهم في لعبهم ، ولكن عمري وقتها كان فحسب عامين ونصف العام . وكانت هذه أول مرة لي أُترك فيها مع أناس لا أعرفهم . وأعتقد أن والديّ كانا مندهشين نوعاً لرد فعلي ، فقد كنت أول طفل لهما وكانا يتبعان ما تذكره المراجع عن نمو الطفل ، والمراجِع تقول إن الطفل ينبغي أن يبدأ عمل العلاقات الاجتماعية في سن الثانية . على أنهما بعد هذا الصباح الرهيب أبعداني عن هناك ، ولم يرسلاني ثانية إلى دار بايرون طيلة عام آخر ونصف العام .

في ذلك الوقت ، أثناء الحرب وبعدها في التو ، كانت هاي جيت منطقة يعيش فيها عدد من الأفراد العلميين والأكاديميين . ولو كنا في قطر آخر

لأطلقوا علينا أننا مثقفون ، ولكن الإنجليز لا يقرّون أبداً بأن لديهم أي مثقفين . وكان كل هؤلاء الآباء يرسلون أطفالهم لمدرسة دار بايرون ، حيث كانت تعد مدرسة تقدمية جدا بالنسبة لذلك الوقت . وإني لأتذكر شكواي لوالديّ من أنهم لا يعلموني هناك أي شيء . فلم يكونوا يؤمنون بما يعد وقتها الطريقة المقبولة لإدخال الأشياء بمثقاب في رأسك . وبدلاً من ذلك كانوا يفترضون أنك ستتعلم القراءة دون أن تدرك أنك تتعلم . وفي النهاية ، تعلمت القراءة بالفعل ، ولكن ذلك لم يحدث إلا بعد أن أصبحت في سن متأخر بعض الشيء ، أي في الثامنة . أما أختي فيليبا فقد تعلمت القراءة باستخدام مناهج أكثر تقليدية فأمكنها القراءة في سن الرابعة . على أنها أيضا كانت بكل تأكيد أذكى منّي .

كنا نعيش في بيت ضيق عالٍ من الطراز الفيكتوري ، اشتراه والدي بثمن رخيص جداً أثناء الحرب ، عندما كان كل واحد يعتقد أن ضرب القنابل سيسويّ لندن بالأرض . والحقيقة أن صاروخا من نوع ف - ٢ حط على مسافة من منزلنا لا تزيد عن بيوت معدودة . وكنت وقتها خارج المنزل أنا وأمي وأختي ، ولكن أبي كان بالمنزل ولحسن الحظ لم ينله أذى ، كما أن المنزل لم يصب إصابة سيئة . على أنه كانت هناك قنبلة كبيرة ظلت لسنوات تتخذ موقعا أسفل الطريق ، واعتدت أن ألعب من فوقها أنا وصديقي هوارد ، الذي كان يسكن ثالث بيت من الصف الآخر . وكان هوارد بمثابة الإلهام لي ، ذلك أنّ والديه لم يكونا مثقفيْن مثل والدي كلّ الأطفال الآخرين الذين أعرفهم ، وكان هوارد يذهب إلى مدرسة مجلس الحي

وليس إلى دار بايرون . وهو على معرفة بكرة القدم والملاكمة ، وهاتان من الألعاب الرياضية التي لم يكن والداي ليحلمان بمتابعتها .

ومن ذكرياتي الأخرى المبكرة حصولي على أول مجموعة قطار لي . ولم تكن لُعُب الأطفال بالتي تنتج أثناء الحرب ، على الأقل بالنسبة للسوق المحلية . على أني كان لي اهتمام مشبوب بنماذج القطارات . وحاول أبي أن يصنع لي قطاراً خشبياً ، ولكن هذا لم يحز رضائي ، حيث كنت أرغب في شيء يعمل . وبالتالي ، فقد اشترى أبي قطاراً زنبركياً مستعملاً ، وأصلحه بلحام من حديد ، ومنحه لي كهدية في عيد الميلاد وقد ناهزت ثلاث سنوات من العمر . ولم يعمل القطار على نحو جيد . على أنَّ أبي ذهب بعد الحرب مباشرة إلى أمريكا ، وعندما عاد ثانية على ظهر السفينة «الملكة ماري» أحضر لأمي بعض ملابس من النايلون لم تكن مما يتاح الحصول عليه في بريطانيا وقتها . وأحضر لشقيقتي ماري دمية تغلق عينيها عندما ترقدها . وأحضر لي قطاراً أمريكيا كاملاً له صدّامة تزيل العقبات وقضبان على شكل رقم ٨ . وما زلت أذكر انفعالي وأنا أفتح الصندوق .

والقطارات الزنبركية كانت كلها تعمل جيداً ، إلا أن ماكنت أرغب فيه حقا هو القطارات الكهربائية . واعتدت أن أقضي ساعات وأنا أرقب تصميم نموذج لتجمع من السكك الحديدية في كروتش إند قرب هاي جيت . كانت القطارات الكهربائية هي حلمي . وأخيراً ، حين سافر والداي معاً إلى مكان ما ، انتهزت الفرصة لأسحب من دفتر التوفير بالبريد كل المبلغ المتواضع جداً من النقود التي أُعطيت لي في مناسبات خاصة

كتعميدي مثلا . واستخدمت النقود لشراء مجموعة قطار كهربائي ، ولكنها لم تعمل على نحو جيد بما أحبطني أيما إحباط . ونحن الآن نعرف ما يسمى حقوق المستهلك . وهكذا كان ينبغي أن أعيد مجموعة القطار ثانية مطالباً المتجر أو المنتج بأن يستبدلها لي ، ولكن الحال في تلك الأيام هو أن مجرد شراء شيء ما يعد كمزية ، وإذا ثبت في النهاية أن ثمة عيباً فيه فإن هذا مجرد سوء حظ أصابك . وبالتالي ، فقد أنفقت مبلغا لإصلاح محرك القاطرة الكهربائي ، ولكنها لم تعمل أبداً على نحو جيد .

وفيما بعد وأنا في فترة المراهقة أخذت أبني نماذجَ للطائرات والسفن . ولم أكن أبدا ممن يتقنون العمل بأيديهم ، ولكني كنت أبني هذه النماذج مع صديق دراستي جون ماك كليناهان ، الذي كان أبرع مني كثيراً ، كما كان لدى والده ورشة في منزلهم . وكان هدفي دائما هو بناء نماذج متحركة يمكنني التحكم فيها . ولم يكن يهمني ماتبدو عليه هذه النماذج . وأعتقد أن هذا هو نفس الدافع الذي أدَّى بي إلى اختراع سلسلة من ألعاب مباريات معقدة جداً مع صديق دراسة آخر ، هو روجر فيرنيهوف . وكان ثمة لعبة للإنتاج ، هي لعبة كاملة بما فيها من مصانع حيث تصنع وحدات من ألوان مختلفة ، وطرق وسكك حديدية تحمل عليها المصنوعات وكذلك سوق للأوراق المالية . وكان هناك أيضا مباراة حرب نلعبها على لوحة من أربعة آلاف مربع ، بل وكذلك مباراة عن الإقطاع ، حيث كل لاعب هو أسرة حاكمة بأسرها ، لها شجرة عائلة . وأعتقد أن المباريات ، هي والقطارات والسفن والطائرات كان مبعثها وجود حافز لديَّ لأن أعرف كيف تعمل

الأشياء وأن أتحكم فيها . ومنذ أن بدأت العمل في بحثي لنيل درجة الدكتوراه ظل هذا الحافز يلقي إشباعه بواسطة أبحاثي في علم الفلك . ذلك أنك لو فهمت كيف يعمل الكون ، فإنك على نحو ما ستتحكم فيه .

وفي الخمسينات انتقل أبي في عمله من هامستيد القريبة من هاي جيت ، إلى المعهد القومي للبحوث الطبية الذي كان قد أنشئ حديثاً في ميل هيل ، على الطرف الشمالي من لندن . وبدلاً من السفر من هاي جيت ، بدا أن المعقول بأكثر هو الانتقال خارج لندن والسفر لداخل المدينة . وبالتالي ، فقد اشترى والداي منزلاً في سانت البانز ، وهي مدينة ذات كاتدرائية وتبعد شمالاً عن ميل هيل بما يقرب من عشرة أميال وتقع شمال لندن بما يقرب من عشرين ميلاً . وكان المنزل كبيراً على الطراز الفيكتوري وفيه بعض أناقة وشخصية . وعندما اشترى والداي المنزل لم يكونا جدَّ ميسورين ، وكان عليهما إجراء قدر كبير من الإصلاحات في المنزل حتى يمكننا الانتقال إليه . ومذ ذلك الوقت وأبي ، كأي رجل من صميم يوركشير ، يرفض أن يدفع مالاً لأي إصلاحات أخرى . وبدلاً من ذلك ، فإنه حاول قدر جهده أن يصون المنزل وأن يداوم على طلائه ، ولكن المنزل كان كبيراً ولم يكن أبي بارعا جداً في هذه الأمور . إلا أن المنزل كان متين البنيان ، وهكذا فإنه صمد لهذا الإهمال . وقد باعه والداي في ١٩٨٥ حينما كان أبي مريضا جداً (وقد مات في ١٩٨٦) . هذا وقد رأيت المنزل مؤخراً . ولم يبد أن أي إصلاحات أخرى قد أجريت له ، ولكنه كان لا يزال يبدو وهو يشبه كثيراً ما كان عليه .

كان البيت مصمماً لعائلة لديها خدم ، وقد وُضعت في حجرة المؤونة لوحة لدليل يبين أي حجرة يقرع الجرس منها . وبالطبع لم يكن لدينا أي خدم ، ولكن أول حجرة نوم لي كانت حجرة صغيرة على شكل حرف L ، لابد وأنها كانت حجرة إحدى الوصيفات . وقد طلبت هذه الحجرة بناء على اقتراح سارة ابنة خالتي ، وكانت تكبرني قليلا ، وكنت أعجب بها إعجاباً عظيماً . وقالت سارة إننا سوف نحظى بأقصى متعة في هذه الحجرة . وأحد أوجه جاذبيتها أن الواحد منا كان يستطيع أن يتسلق خارجاً من النافذة إلى سطح حظيرة الدراجة ثم من هناك إلى الأرض .

وسارة هي ابنة جانيت أخت والدتي الكبرى ، وقد درست خالتي الطب وتزوجت من محلل نفسي . وكانا يعيشان في منزل صغير بعض الشئ في هاربندن وهي قرية تبعد خمسة أميال تجاه الشمال . وعائلة خالتي كانت أحد أسباب انتقالنا إلى سانت البانز . وكان من أسباب متعتي متعة عظيمة أن أكون قريبا من سارة . وكثيراً ماكنت أذهب بالحافلة إلى هاربندن . أما سانت ألبانز نفسها فكانت تقوم في ما يلي مباشرة أطلال مدينة رومانية قديمة تدعى فيروليوم ، وكانت أهم مستعمرة رومانية في بريطانيا بعد لندن . وكان بها في العصور الوسطى أغنى دير في بريطانيا . وقد بنيت حول ضريح سانت ألبان ، وهو ضابط روماني قائد مائة يقال إنه أول شخص في بريطانيا تم إعدامه بسبب عقيدته المسيحية . وكل ماتبقى من الدير هو كنيسة للدير كبيرة جدا وقبيحة المنظر نوعاً ، ومعها مبنى بوابة الدير القديمة التي أصبحت الآن جزءاً من مدرسة سانت البانز التي دخلتها فيما

بعد .

وسانت ألبانز تعد مكاناً رجعياً محافظاً إلى حد ما عند مقارنتها بهاي جيت أو هاربندن . ولم يتم لوالديَّ إقامة أي صداقات هنالك . وكان هذا في جزء منه لعَيب فيهما ، حيث كانا بحكم طبيعتهما انعزاليَيْن إلى حد ما ، وخاصة أبي . على أن الأمر كان يعكس أيضا أن السكان كانوا من نوع مختلف ، ولا شكَّ أنه لا يمكن وصف أيٍّ من والدي أصدقائي في المدرسة بأنهم من المثقفين .

وإذا كانت عائلتي تبدو في هاي جيت عائلة طبيعية إلى حد كبير ، إلا أنني أعتقد أننا في سانت البانز كان ينظر إلينا بكل تأكيد على أننا أناسٌ غريبو الأطوار . وهذه النظرة إلينا قد زاد منها سلوك أبي الذي لم يكن يبالي بالمظاهر مادام هذا سيتيح له أن يوفر مالاً . ذلك أنه عندما كان صغيرا كانت عائلته فقيرة جداً ، وقد ترك ذلك في نفسه انطباعا لا ينمحي . ولم يكن يطيق أن ينفق أي مال لرفاهيته هو نفسه ، ولا حتى في أعوامه الأخيرة حيث كان ذلك في مقدوره مالياً . وقد رفض إدخال التدفئة المركزية رغم أنه كان يحس بالبرد على نحو سيئ . وبدلاً من ذلك فإنه كان يلبس عدة سويترات وروباً منزلياً من فوق ملابسه العادية . على أنه كان كريما جداً مع الغير من الناس .

وفي الخمسينات أحسن أبي أنه لا يمكنه تحمل ثمن سيارة جديدة ، وبالتالي فقد اشترى سيارة تاكسي لندنية من طراز ماقبل الحرب ، وبنينا أنا وهو كوخاً برميلياً من الصاج المعرج ليكون جاراجاً لها . وأثار ذلك غضب

الجيران ، ولكنهم لم يستطيعوا منعنا . وكنت مثل معظم الصبيان أحس بالحاجة إلى التكيف وأشعر بالحرج بسبب والديّ . ولكنَّ الأمر لم يزعجهما قط .

عندما أتينا إلى سانت ألبانز لأول مرة ، أُدخلت إلى المدرسة الثانوية للبنات ، وهي مدرسة رغم اسمها كانت تقبل الصبيان حتى سن العاشرة . إلا أنني بعد أن قضيت هناك فترة دراسية واحدة ، سافر أبي إحدى سفرياته شبه السنوية لزيارة أفريقيا ، وكانت هذه المرة زيارة طويلة استغرقت حوالي أربعة شهور . ولم تحس أمي بميل لأن تظل وحدها طول هذا الوقت ، وبالتالي فقد أخذتني أنا وأختاي لزيارة بيريل صديقة دراستها ، وكانت متزوجة من الشاعر روبرت جريفز . وكانا يعيشان في قرية تدعى ديا في جزيرة مايوركا الأسبانية . وكان ذلك بعد الحرب بخمسة أعوام فقط ، وديكتاتور أسبانيا فرانشيسكو فرانكو لا يزال في السلطة ، حيث كان حليفاً لهتلر وموسليني (والحقيقة أنه ظل في السلطة لعقدين آخرين) . ورغم هذا ، إلا أن أمي التي كانت عضواً في عصبة الشباب الشيوعية قبل الحرب ، سافرت إلى مايوركا مع ثلاثة أطفال صغار مستخدمة السفينة والقطار . واستاجرنا منزلاً في ديا وقضينا وقتاً رائعاً وشاركت ويليام ابن روبرت في تلقي الدرس من معلمه . وكان هذا المعلم أديباً تحت رعاية روبرت ويهتم بتأليف تمثيلية لمهرجان ادنبره أكثر من اهتمامه بتعليمنا . وهكذا فإنه رتب لنا أن نقرأ فصلاً من الإنجيل في كل يوم وأن نكتب موضوعاً عنه . وكانت الفكرة من ذلك هي أن نتعلم جمال اللغة الإنجليزية . وقرأنا كلَّ سفر

التكوين وجزءاً من سفر الخروج قبل أن أرحل . وكان من الأمور الرئيسية التي تعلمتها من ذلك هي ألا أبدأ جملة بحرف «و» . وعندما أشرت إلى أن معظم الجمل في الإنجيل تبدأ بحرف الواو قيل لي إن الإنجليزية قد تغيرت منذ عصر الملك جيمس . وجادلت بأنه إذا كان الأمر هكذا فلماذا يجعلوننا نقرأ الإنجيل؟ ولكن لم تكن هناك أي فائدة من النقاش . فقد كان روبرت جريفز وقتها متحمسا جداً لما في الإنجيل من رمزية وصوفية .

وعندما عدنا من مايوركا ، أُدخلت لمدرسة أخرى لمدة عام ، ثم اجتزت ما يسمى بامتحان أحد عشر عاما ومافوقها . وكان هذا اختبار ذكاء يتقدم إليه كلّ الاطفال الذين يريدون تعليماً حكومياً . وقد أُلغي هذا الامتحان الآن ، وسبب ذلك أساسا أن عدداً من أطفال الطبقة المتوسطة رسبوا فيه فأدخلوا إلى مدارس غير أكاديمية . على أني كنت أنزع إلى أداء الاختبارات والامتحانات أداء أفضل كثيراً من أدائي لأعمال المقرر الدراسي ، وهكذا اجتزت اختبار أحد عشر وما فوق وحصلت على دراسة مجانية في مدرسة سانت ألبانز المحلية .

عندما بلغت الثالثة عشر أرادني أبي أن أحاول دخول مدرسة وستمنستر وهي إحدى المدارس «العامة» الرئيسية- أي أنها مدرسة خاصة . ووقتها كان ثمة انقسام حاد في التعليم على أساس طبقي . وكان والدي يحس أنه بسبب ما يعوزه من وضع واتصالات قد أدى ذلك إلى تخطّيه لصالح أناس أقل كفاءة ولكنهم من ذوي الاتصالات الاجتماعية الأكبر . ولما كان والداي غير ميسورَيْن فقد كان عليَّ أن أفوز بمنحة دراسية . على أني مرضت وقت

امتحان المنحة ولم أدخل الامتحان . وبدلاً من ذلك بقيت في مدرسة سانت ألبانز . وقد نلت هناك تعليماً يماثل في جودته ماكنت سأناله في ويستمنستر ، إن لم يكن أفضل منه . ولم يحدث أني وجدت أبداً أن نقص ماليٍّ من اتصالات اجتماعية كان عقبة في طريقي .

كان التعليم الإنجليزي في ذلك الوقت يتصف بالطبقية الشديدة . فلم تكن المدارس تقسم فحسب إلى أكاديمية وغير أكاديمية ، وإنما كانت المدارس الأكاديمية تقسم أيضا بعد ذلك إلى شُعَب أ و ب و ج . وكان هذا فيه صالح لمن ينتمون إلى الشعبة أ ولكنه ليس بالصالح جدا لمن في شعبة ب ، وهو سيء لمن ينتمون لشعبة ج الذين ينالهم الإحباط . وقد وضعت في الشعبة أ بناء على نتائجي في امتحان أحد عشر عاما ومافوق . على أنه كان يحدث بعد مرور أول سنة أن ينزل كل من يكون ترتيبه بعد العشرين في الفصل إلى الشعبة ب . وكان في هذا ضربة هائلة تصيب من ينزلون في ثقتهم بأنفسهم ، وهي ضربة حدث لبعضهم أنهم لم يشفوا قط من آثارها . وكان ترتيبي في أول فترتين دراسيتين لي في سانت ألبانز هو الرابع والعشرين والثالث والعشرين ، ولكني في الفترة الدراسية الثالثة أصبحت الثامن عشر . وهكذا أفلت بالكاد .

ولم أتجاوز قط في ترتيبي ما هو أحسن من منتصف الفصل تقريبا . (كان تلاميذ الفصل أذكياء جدا) . وكان أدائي في الفصل غاية في عدم الانتظام ، كما كان خطِّي يثير اليأس في مدرسيَّ . إلا أن زملائي في الفصل أضفوا عليَّ لقب إينشتين . وبالتالي فإنهم في ما يفترض قد رأوا فيَّ علامات لشيء

أفضل . وعندما بلغت الثانية عشرة راهن أحد أصدقائي صديقاً آخر على كيس حلوى بأني لن أتوصل أبداً إلى شيء . ولا أعرف إن كان هذا الرهان قد تمت تسويته ، وإن كان ذلك قد حدث ففي أي اتجاه كان قرار الفوز فيه .

وكان لي ستة أو سبعة أصدقاء حميمين ، لا زلت على اتصال بمعظمهم . وقد اعتدنا أن تكون بيننا مناقشات ومحاجّات طويلة عن كل شيء ابتداء من النماذج التي يُتحكم فيها بالراديو حتى الدين ، ومن الباراسيكولوجي(٢) حتى الفيزياء . وكان أحد الأشياء التي نتحدث عنها هو أصل الكون وما إذا كان يتطلب إلها لخلقه وتسييره . وكنت قد سمعت أن الضوء الآتي من المجرات البعيدة تتم إزاحته إلى الطرف الأحمر من الطيف وأن هذا يفترض فيه أنه يدل على أن الكون يتمدد (ولو كانت الإزاحة إلى الأزرق فإنها ستعني أن الكون ينكمش) . ولكني كنت متأكداً من أنه لا بد من وجود سبب آخر للإزاحة الحمراء . ولعل الأمر أن الأكثر طبيعة هو أن يكون الكون في جوهره غير متغير وأبدي . ولم أتبين أني على خطأ في ذلك إلا بعد مرور ما يقرب من عامين من الأبحاث للحصول على الدكتوراه .

وعندما وصلت إلى آخر سنتين من المدرسة ، أردت أن أتخصص في الرياضيات والطبيعة . وكان ثمة مدرس رياضة مُلهِم هو مستر تاتا ، وكانت المدرسة قد انتهت في التو من بناء حجرة جديدة للرياضيات اتخذتها مجموعة الرياضيات كحجرة درس لها . ولكن أبي كان معارضا لرغبتي أقصى المعارضة . فكان يعتقد أنه لن تكون أمام المشتغلين بالرياضة أيٌّ

وظائف سوى العمل كمدرسين . وكان في الحقيقة يود لو امتهنت الطب ، ولكني لم أظهر أي اهتمام بالبيولوجيا ، التي بدت لي علماً توصيفياً بأكثر مما ينبغي وليست من العلوم الأساسية بما يكفي . كما أن وضع البيولوجيا في المدرسة كان وضعا متدنيا إلى حد ما . فالصبيان الأكثر ذكاءً كانوا يدرسون الرياضيات والفيزياء ، والأقل ذكاء كانوا يدرسون البيولوجيا . وأدرك والدي أني أدرس البيولوجيا ، ولكنه جعلني أدرس الكيمياء وقدرا صغيرا فقط من الرياضة . فقد كان يحس أن هذا سيجعل خياراتي العلمية أكثر انفتاحا . وأنا الآن أستاذ للرياضة ، ولكني لم أتلق أي تعليم تقليدي في الرياضة منذ أن غادرت مدرسة سانت ألبانز في سن السابعة عشر . وكان عليَّ أن ألتقط أياً مما أعرفه من الرياضة أثناء انطلاقي في طريقي . وقد اعتدت أن أشرف على طلبة التخرج في كمبردج وأن أظل سابقاً إياهم في المقرر الدراسي بأسبوع واحد .

كان أبي مشغولاً بالبحث في أمراض المناطق الحارة ، وقد اعتاد أن يأخذني لأطوف في معمله في ميل هيل . وكنت أستمتع بذلك ، خاصة وأنا أنظر من خلال الميكروسكوبات ، كما أنه تعود أن يأخذني إلى بيت الحشرات حيث كان يحتفظ بالبعوض الذي يُعدي بأمراض المناطق الحارة . وكان هذا يبعث فيَّ الانزعاج ، ذلك أنه كان يبدو دائما أن ثمة عدداً من البعوض قد انطلق ليطير متحرراً من أسره . وكان أبي يثابر على العمل الشاق جداً ويتفانى في أبحاثه . وكان هناك ما ينغّص عليه حياته بعض الشيء ، ذلك أنه أحس أن أفراداً آخرين قد سبقوه ليس لأنهم الأفضل ولكن

لأن لهم الخلفية الاجتماعية والاتصالات المناسبة . وقد تعوَّد أبي أن يحذرني من مثل هؤلاء الأفراد . على أني أعتقد أن الفيزياء تختلف نوعاً عن الطب . فليس من المهم فيها ما تكون المدرسة التي ذهبت إليها ولا مَنْ تكون قريبا له . ومايهم هو ماتفعله .

كنت دائما أهتم بالطريقة التي تشتغل بها الأشياء واعتدت أن أفكك الأشياء لا أعرف كيف تعمل ، ولكني لم أكن أجيد تركيبها معاً ثانية . فقدراتي العملية لم تكن تتوافق أبداً مع مستوى تساؤلاتي النظرية . وقد شجع أبي ما لديَّ من اهتمام بالعلم ، حتى أنه كان يدرس لي الرياضيات إلى أن وصلت إلى مستوى يفوق ما يعرفه . ووجدت أني بخلفية كهذه ، ومع وظيفة أبي ، فإن من الطبيعي بالنسبة لي أن أشتغل بالبحث العلمي . ولم أكن في سنواتي المبكرة أميز بين نوع من العلم والآخر . ولكني ابتداء من سن الثالثة عشر أو الرابعة عشر عرفت أني أرغب في العمل في أبحاث الفيزياء لأنها أكثر العلوم أساسية . وكان هذا بالرغم من حقيقة أن الفيزياء كانت أكثر العلوم إثارة للملل في المدرسة لأنها جد سهلة وواضحة . أما الكيمياء فهي تثير متعة أكبر حيث أنه تحدث فيها دائما أمور غير متوقعة كالانفجارات مثلاً . على أن الفيزياء والفلك هما اللذان يطرحان الأمل بأن نفهم من أين أتينا ولماذا نحن هنا . كنت أود أن أسبر أغوار الكون العميقة . ولعلي قد نجحت في ذلك إلى حد صغير ، إلا أنه مازال هناك الكثير مما أود معرفته .



هوامش

(١) هذا المقال هو والمقال التالي أساسهما حديث ألقيته على الجمعية الدولية لمرض العصبة الحركية في زيورخ في سبتمبر عام ١٩٨٧ وقد جمعت معه مواد كتبتها في أغسطس ١٩٩١ .

(٢) ما يزعم أنه علم موازي لعلم النفس ويبحث أمورا يصعب تفسيرها علميا مثل التليباثي أو التخاطر .
(المترجم)

2

أكسفورد وكمبردج ..

كان أبي يرى أنني ينبغي أن أدرس في أكسفورد أو كمبردج ، ويتحمس لذلك أشد الحماس . وقد درس هو نفسه في كلية الجامعة بأكسفورد ، وبالتالي فقد اعتقد أنه ينبغي أن أقدم طلباً للدخول هناك ، حيث ستكون لي فرصة أكبر في القبول . وفي ذلك الوقت لم تكن هناك دراسة زمالة للرياضة في كلية الجامعة ، وكان هذا سببا آخر في أنه كان يريدني أن أدرس الكيمياء : فيمكنني أن أحاول الحصول على منحة لدراسة العلم الطبيعي بدلاً من الرياضيات .

سافر سائر الأسرة إلى الهند لمدة عام ، أما أنا فكان عليَّ أن أتخلف لأدخل امتحان مستوى أ وامتحان القبول بالجامعة . وكان ناظر مدرستي يعتقد أني أصغر كثيرا من أن أتقدم إلى امتحان أكسفورد ، على أني تقدمت

في مارس ١٩٥٩ لامتحان المنحة الدراسية مع صبيين في السنة التي تعلوني في المدرسة . وكنت مقتنعاً بأن أدائي في الامتحان كان أداء سيئاً وأصابني اكتئاب شديد حينما أتى محاضرو الجامعة أثناء الامتحان العملي وطافوا في حديث مع الآخرين وليس معي . وبعد عودتي من أكسفورد بأيام معدودة ، وصلتني برقية تقول إنني قد نلت المنحة الدراسية .

كنت وقتها في السابعة عشر من عمري ، وكان معظم الطلبة الآخرين في هذه السنة قد أدوا خدمتهم العسكرية فكانوا أكبر سنا بكثير . وأحسست نوعا ما بالوحدة أثناء عامي الأول وكذلك في جزء من العام الثاني . ولم أحس حقا بالسعادة هناك إلا في العام الثالث . وفي ذلك الوقت كانت النزعة السائدة في أكسفورد هي اتخاذ موقف معاد جداً للعمل . فكان يفترض أن يكون المرء ذكياً دون بذل جهد ، أو أن تتقبل ما فيك من أوجه قصور لتحصل على تقدير من الدرجة الرابعة . أما لو بذلت جهداً شاقاً للحصول على تقدير من درجة أفضل فإن هذا يعد علامة على أنك رجل رمادي . وهذه أسوأ وصمة في مفردات أكسفورد .

في ذلك الوقت كان المقرر الدراسي للفيزياء في أكسفورد مرتباً بطريقة تسهِّل بصفة خاصة تجنّب العمل بجد . وقد أديت امتحاناً واحداً قبل دخولي الجامعة . ثم أمضيت ثلاث سنوات في أكسفورد ليس فيها امتحانات سوى الامتحانات النهائية في آخرها . وقد حسبت ذات مرة أن ما قمت به من عمل أثناء السنوات الثلاث التي قضيتها هناك هو ما يقرب من ألف ساعة عمل ، بمتوسط ساعة في كل يوم . ولست فخوراً بقلة العمل

هكذا ، وإنما فحسب أصف موقفي في ذلك الوقت ، وهو موقف شاركت فيه معظم الطلبة من زملائي : موقف من الملل الكامل ومن الإحساس بأنه لا يوجد شيء يستحق بذل الجهد من أجله . وأحد نتائج مرضي هى أن تغير كل ذلك : فعندما يواجهك احتمال الموت المبكر ، يجعلك هذا تدرك أن الحياة تستحق أن تعاش وأن هناك الكثير مما تود أن تفعله .

وبسبب قلة ما أبذله من عمل ، خططت لأن أجتاز امتحاني النهائي بأن أحل مسائل في الفيزياء النظرية وأن أتجنب الاسئلة التي تتطلب معرفة حقيقية . على أني لم أنم في الليلة السابقة بسبب توتر أعصابي ، وهكذا لم أحسن الإجابة أحسن الأداء . وكنت على الحرف بين تقدير من الدرجة الأولى أو الثانية ، وكان على أن أؤدي مقابلة مع الممتحنين ليقرروا التقدير الذي ينبغي أن أحصل عليه . وسألوني في المقابلة عن خططي للمستقبل . وأجبت بأني أود العمل في الأبحاث . ولو أعطوني تقديراً من الدرجة الأولى فسوف ألتحق بكمبردج . أما لو حصلت فقط على تقدير من الدرجة الثانية ، فسوف أظل في أكسفورد . فأعطوني تقدير الدرجة الأولى .

أحسست أن ثمة مجالين ممكنين في الفيزياء النظرية هما مجالان أساسيان ويمكنني الاشتغال بالبحث فيهما . وأحدهما هو علم الفلك ، أي دراسة ما هو كبير جداً . والمجال الآخر هو الجسيمات الأولية ، أي دراسة ماهو صغير جدا . ورأيت أن الجسيمات الأولية هي الأقل جاذبية ، ذلك أنه رغم أن العلماء يعثرون على الكثير من الجسيمات الجديدة ، إلا أنه لم يكن

يوجد لها وقتها النظرية الملائمة . وكل ما أمكن للعلماء أن يفعلوه هو أنهم رتبوا هذه الجسيمات في عائلات ، كما في علم النبات . ومن الناحية الأخرى فإن علم الفلك كان فيه نظرية محددة جيداً وهي نظرية النسبية العامة لإينشتين .

وقتها لم يكن هناك أحد في أكسفورد يشتغل بعلم الفلك ، أما كمبردج فكان فيها فريد هويل ، أبرز عالم فلك بريطاني في ذلك الوقت . وبالتالي فقد قدمت طلباً لدراسة الدكتوراه مع هويل . وقد تم قبول طلبي للاشتغال بالبحث في كمبردج ، شريطة أن أحصل أولاً على تقدير من الدرجة الأولى ، ولكن ما ضايقني هو أن المشرف عليَّ لم يكن هويل وإنما هو رجل يدعى دينيس سكياما ، وهو رجل لم أسمع عنه من قبل . على أنه قد ثبت في النهاية أن هذا كان الأفضل لي . فهويل كان يسافر للخارج كثيراً ، وفي ما يحتمل ما كنت سأراه كثيرا . ومن الناحية الأخرى فإن سكياما كان هنالك موجوداً ، وفيه دائما ما يحفّز ، وإن كنت كثيراً ما لا أوافق على أفكاره .

لم أدرس الرياضة كثيراً لا في المدرسة ولا في أكسفورد ، وبالتالي فقد وجدت النسبية العامة في أول الأمر صعبة جداً ولم أحرز تقدما كبيراً . كذلك ، فقد لاحظت أثناء عامي الأخير في أكسفورد أن حركاتي أصبح فيها تخبّطٌ بعض الشيء . وبعد أن دخلت كمبردج سرعان ما شُخِّصت حالتي على أني مصاب بالتصلب الوحشي الضموري أو مرض العصبة الحركية[1] كما يعرف في انجلترا . (في الولايات المتحدة يسمى هذا المرض

أيضا «مرض لوجبريج»[٢] ولم يستطع الاطباء أن يطرحوا أي علاج أو أي تأكيد بأن الحالة لن تسوء .

وفي أول الأمر بدا أن المرض يتقدم تقدماً سريعاً إلى حد ما . وبدا أنْ ليس هناك أي سبب قوي لأن أعمل في بحثي ، ذلك أنني لم أكن أتوقع أن أعيش الوقت الكافي لإنهاء الدكتوراه . على أنه بدا بمرور الوقت أن المرض تقلّ سرعة تقدّمه . كما أني بدأت أفهم النسبية العامة وأخذت أتقدم في عملي . على أن النقطة الفارقة حقاً هي أنني خطبت فتاة تدعى جين وايلد ، كنت قد قابلتها حوالي نفس الوقت الذي شُخِّصتْ فيه حالتي كتصلب وحشي ضموري . وكان أن أعطاني هذا شيئاً أعيش من أجله .

وإذا كنا سنتزوج فقد كان لابدَّ لي من الحصول على عمل ، وحتى أحصل على عمل فإن عليَّ أن أنهي بحثي للدكتوراه . وبالتالي ، فقد أخذت أعمل لأول مرة في حياتي . ولدهشتي وجدت أني أحب ذلك . ولعله ليس من الإنصاف أن أسمِّي ذلك عملاً . وقد قال أحدهم ذات مرة : العلماء والمؤسسات ينالون أجراً عن أداء عمل يستمتعون به .

تقدمت إلى وظيفة زميل بحث في كلية جونفيل وكايوس (وتنطق كيز) وكنت آمل أن تطبع جين طلبي على الآلة ، ولكنها عندما أتت لتزورني في كمبردج كان ذراعها موضوعاً في الجبس إذ أنها قد كسرته . ويجب أن أعترف بأن تعاطفي معها كان أقل مما ينبغي . على أن الذراع المكسور كان ذراعها الأيسر ، وهكذا أمكنها أن تكتب طلب الوظيفة كما أمليته . وجعلت شخصاً آخر يطبعه على الآلة .

كان عليّ أن أذكر في طلبي اسمين لفردين يمكن الرجوع إليهما لإعطاء معلومات بشأن عملي ، واقترح المشرف عليّ أن أسأل هرمان بوندي أن يكون أحدهما . وكان بوندي وقتها أستاذاً للرياضة في كلية الملك بلندن ، وخبيراً في النسبية العامة . وكنت قد قابلته مرتين ووافق على نشر ورقة بحث كتبتها وذلك في مجلة إجراءات الجمعية الملكية . وسألته مطلبي بعد أن ألقى محاضرة في كمبردج ، ونظر إليّ نظرة غائمة ووافق على أن يفعل . كان واضحا أنه لم يتذكرني ، ذلك أنه عندما كتبتْ له الكلية كمرجع عني ، أجاب بأنه لم يسمع عني . وهناك الآن أعداد كبيرة جدا ممن يتقدمون لطلب وظيفة زميل بحث بالكلية ، بحيث لو حدث الآن وقال أحد حكام المرشح إنه لا يعرفه ، فإن في ذلك نهاية فرصة هذا المرشح . أما وقتذاك فكانت الأمور أكثر هدوءاً . وكتبت الكلية إليّ لتخبرني بالإجابة المحرجة للحكم الذي اتخذته لنفسي ، وذهب المشرف عليّ إلى بوندي لينعش له ذاكرته . وكتب بوندي بعدها خطاب مرجع لعله أفضل كثيرا مما كنت أستحق وحصلت على وظيفة زميل بحث ، وبقيت من وقتها زميلاً بكلية كايوس .

كانت وظيفة الزمالة هذه تعني أنني وجين يمكننا الزواج ، وهذا ما فعلناه في يوليو ١٩٦٥ . وأمضينا أسبوع عسل في سفّولك حيث كان هذا كل ما يمكنني تحمله ماليا . وذهبنا بعدها إلى دراسة صيفية للنسبية العامة في جامعة كورنيل شمال ولاية نيويورك . وكانت غلطة . فقد أقمنا في عنبر من غرف النوم المليئة بأزواج معهم أطفال صغار يثيرون الضجة ، وكان في هذا عبء كبير على زواجنا . على أن هذه الدراسة الصيفية كانت في جوانب

أخرى مفيدة جدا لي ، ذلك أني قابلت الكثيرين من الأفراد المبرزين في هذا المجال .

ظل مجال بحثي حتى ۱۹۷۰ هو في علم الفلك ، أي دراسة الكون بالمقياس الكبير . وأهم عمل لي في هذه الفترة كان عن المفردات[٣] . وتدل ملاحظة المجرات البعيدة على أنها تتحرك بعيداً عنا : فالكون يتمدد . وهذا يتضمن أن المجرات كانت ولا بد قريبة من بعضها قربا أوثق في الماضي . ولا يلبث أن ينبثق سؤال : هل كان هناك وقت في الماضي حيث كل المجرات معاً إحداها من فوق الأخرى وكثافة الكون كثافة لا متناهية؟أو هل كان هناك طور انكماشي سابق حيث تمكنت المجرّات فيه من تفادي الاصطدام إحداها بالأخرى؟ ولعل المجرات كانت إحداها تمر عبر الاخرى ثم تبدأ في التحرك بعيدا عن الأخرى . والإجابة عن هذا السؤال تطلبت تكنيكات رياضية جديدة . وقد تم إنشاء هذه التكنيكات بين عامي ١٩٦٥ و ١٩٧٠ وكان هذا أساساً بواسطة روجر بنروز وإياي . وكان بنروز وقتها يعمل في كلية بيركبيك بلندن ، أما الآن فهو في أكسفورد . وقد استخدمنا هذه التكنيكات لنبين أنه لا بدَّ وأنه كانت هناك حالة من كثافة لامتناهية في الماضي ، إن كانت نظرية النسبية العامة نظرية صحيحة .

وحالة الكثافة اللامتناهية تسمى مفردة الانفجار الكبير . وهذا يعني أن العلم لن يستطيع أن يتنبأ بكيفية بدء الكون ، إن كانت النسبية العامة صحيحة . وعلى كل ، فإن أبحاثي الأحدث تدل على أن من الممكن التنبؤ بطريقة بدء الكون إذا أخذنا في الحسبان نظرية فيزياء الكم ، أي نظرية ما هو

صغير جداً .

والنسبية العامة تتنبأ أيضا بأن النجوم ذات الكتلة الكبيرة سوف تتقلص على نفسها عندما تستنفذ وقودها النووي . والبحث الذي قمت به أنا وبنروز يبين أنها سوف تظل تتقلص حتى تصل إلى مفردة من كثافة لا متناهية . وهذه المفردة تكون نهاية الزمان ، على الأقل بالنسبة لهذا النجم وأي شيء عليه . وسيكون المجال الجذبوي للمفردة من الشدة بحيث لا يتمكن الضوء من الفرار من المنطقة المحيطة بها ، إنما سيُجذب للخلف بواسطة المجال الجذبوي . وهذه المنطقة التي لا يمكن الفرار منها تسمى ثقباً أسود ، وحدوده تسمى أفق الحدث . وأي شيء أو شخص يقع داخل ثقب أسود من خلال أفق الحدث سيصل إلى نهاية للزمان عند المفردة .

وذات ليلة في ١٩٧٠ ، كنت أفكر في الثقوب السوداء وأنا أدخل لفراشي ، وذلك بعد زمن قصير من مولد ابنتي لوسي . وفجأة أدركت أن الكثير من التكنيكات التى أنشأتها أنا وبنروز لإثبات المفردات يمكن تطبيقها على الثقوب السوداء . وعلى وجه التحديد ، فإن منطقة أفق الحدث ، أي حدود الثقب الأسود ، لا يمكن أن تقل بمرور الوقت . وعندما يصطدم ثقبان أسودان ويتحدا معا ليشكلا ثقباً واحداً ، فإن مساحة أفق الحدث للثقب النهائي ستكون أكبر من مجموع مساحة أفقي الثقبين الأسودين الأصليين . وهذا يفرض قيداً هاما على مقدار الطاقة التي يمكن انبعاثها في الاصطدام . وجعلني ذلك أنفعل كل الانفعال حتى أني لم أنم كثيراً في تلك الليلة .

ومن ١٩٧٠ حتى ١٩٧٤ كانت أبحاثي أساساً عن الثقوب السوداء .

على أني في ١٩٧٤ وصلت إلى ما قد يكون أكثر اكتشافاتي إدهاشاً : فالثقوب السوداء ليست سوداء بالكامل . فعندما يأخذ المرء في الحسبان سلوك المادة بالمقياس الصغير ، سيكون هناك جسيمات وإشعاع يمكن تسربها من الثقب الأسود . فالثقب الأسود يبث إشعاعا وكأنه جسم ساخن .

ومنذ ١٩٧٤ وأنا أعمل على توليف النسبية العامة مع ميكانيكا الكم في نظرية متماسكة . وإحدى نتائج ذلك هى فرض طرحته في ١٩٨٣ مع جيم هارتل ، وهو يعمل في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا : وهذا الفرض هو أن الزمان والمكان كلاهما متناه في امتداده ، ولكنهما ليس لهما أي حد أو حرف . فهما مثل سطح الأرض ، ولكن مع زيادة بعدين آخرين . وسطح الأرض متناه في مساحته ولكن ليس له أي حد . وفي كل رحلاتي لم يحدث لي أن هويت من فوق حرف العالم . وإذا كان هذا الفرض صحيحا ، فلن تكون هناك مفردات ، وستظل قوانين العلم تعمل في كل مكان ، بما في ذلك بداية الكون . والطريقة التي بدأ بها الكون ستكون محددة حسب قوانين العلم . وبهذا أكون قد نجحت في طموحي لأن أكتشف (كيفية) بدء الكون . ولكني ما زلت لا أعرف (لماذا) بدأ الكون .

هوامش

(١) مرض يتميز بتحلل تدريجي في الخلايا العصبية في النخاع الشوكي والمخ ، وهي الخلايا التي تنظم النشاط العضلي الإرادي ، الأمر الذي يؤدي إلى ضمور وضعف العضلات ثم فقدانها للقدرة على العمل . (المترجم)

(٢)نسبة لاسم لاعب بسيبول مشهور أصيب بهذا المرض . (المترجم)

(٣) المفردة نقطة في المكان – الزمان عندها يصبح انحناء المكان – الزمان لامتناه وكثافة المادة لا متناهية ، وحسب النسبية العامة فإن الكون يبدأ ولا بد بمفردة تؤدي إلى الانفجار الكبير . (المترجم)

3

خبرتي مع مرض التصلب الوحشي الضموري..[1]

كثيرا ماسئلت : كيف تشعر بالنسبة لمرضك بالتصلب الوحشي الضموري؟ والإجابة هى أني لا أشعر به كثيرا . فأنا أحاول أن أعيش حياة طبيعية ما أمكن وألا أفكر في مرضي أو أندم على الأمور التي يمنعني من القيام بها ، وهي ليست بالأمور الكثيرة .

كانت صدمتي صدمة كبيرة جدا عندما اكتشفت أني مصاب بمرض العصبة الحركية . وأنا لم أكن قط وأنا طفل ممن يتصفون بدنيًا بالتناسق الكامل . فلم أكن بارعاً في مباريات الكرة . ولعل هذا هو السبب في أني لم أهتم كثيرا بالألعاب الرياضية أو النشاطات البدنية . على أنه بدا وكأن الأمور قد تغيرت عندما دخلت أكسفورد . فقد داومت على رياضة التجديف وتوجيه الدفة . ولم أصل إلى مستوى المباريات الكبرى ، ولكني

وصلت إلى مستوى المنافسات بين الكليات .

على أني لاحظت في ثالث سنة لي بأكسفورد أنني في ما يبدو وقد أصبحت أكثر تخبطا في حركاتي ، وحدث أن وقعت مرة أو أكثر دون سبب ظاهر . ولم يلاحظ أحد ذلك حتى العام التالي عندما كنت في كمبردج ، حيث لاحظت أمي الأمر وأخذتني لطبيب العائلة الذي أحالني إلى أحد المتخصصين ، ودخلت أحد المستشفيات لاجراء فحوص وذلك بعد عيد ميلادي الواحد والعشرين بزمن قصير . وبقيت في المستشفى لمدة أسبوعين أجريت لي خلالهما مجموعة كبيرة من شتى الفحوص . وأخذوا عينةمن عضلة في ذراعي ، وغرسوا فيّ أقطاباً كهربائية ، وحقنوا عمودي الفقري بسائل يبدو معتماً في صور الأشعة ، وراقبوا السائل بأشعة إكس وهو يطلع وينزل إذ يُميلون سريري . وبعد هذا كله لم يخبروني بما أصبت به من مرض ، في ما عدا أنه ليس مرض التصلب المتعدد[٢] ، وأن حالتي هذه حالة غير نمطية . على أني أمكنني أن أستنتج أنهم يتوقعون لمرضي أنه سيستمر إلى الأسوأ وأنهم لا يمكنهم فعل شيء سوى إعطائي بعض الفيتامينات . وأمكنني أن أرى أنهم لا يتوقعون أن يكون لهذه الفيتامينات تأثير كبير . ولم أحس برغبة في السؤال عن مزيد من التفاصيل ، ذلك أنه كان واضحا أنها تفاصيل سيئة .

أحسست بنوع من الصدمة عندما أدركت أن مرضي لا شفاء منه كما يحتمل أنه سيؤدي بي خلال سنوات معدودة . كيف يمكن لشيء كهذا أن يحدث لي؟ لماذا ينبغي أن يُقضى عليَّ على هذا النحو؟ على أنّي أثناء

وجودي في المستشفى رأيت صبياً كنت أعرفه معرفة بسيطة وهو يموت من اللوكيميا[٣] في سرير مقابل لي . لم يكن هذا مشهدا لطيفاً . على أنه كان من الواضح أن ثمة أفراداً أسوأ مني حالاً . وحالتي على الأقل لا تجعلني أحس بسقم . وكلما شعرت بنزعة إلى الأسى على حالي ، أتذكر ذلك الصبي .

لما كنت لا أعرف ما سوف يحدث لي أو مدى السرعة التي سيتقدم بها المرض فقد أصبحت في حالة من عدم الاستقرار . وطلب مني الأطباء أن أعود إلى كمبردج لأواصل العمل في بحثي الذي كنت بدأته تواً عن النسبية العامة وعلم الفلك . ولكني لم أتقدم كثيرا في عملي ، ذلك أنه لم تكن لي خلفية متينة في الرياضيات - وعلى أي حال فربما لن يمتد بي العمر حتى أنهي بحثي لدرجة الدكتوراه . وأحسست على نحو ما بأني شخصية من إحدى شخصيات التمثيليات المأساوية . وداومت الاستماع لموسيقى فاجنر . أما ما ذكر في مقالات المجلات عن إكثاري من الشراب فهذا أمر قد بولغ فيه . والمشكلة هى أنه ما إن يرد ذلك في مقالة واحدة ، حتى تنسخه عنها المقالات الأخرى حيث أن فيه قصة صحفية جيدة . وكل ما يظهر مطبوعاً لمرات كثيرة هكذا لابد وأن يكون حقيقيا .

اضطربت أحلامي نوعا في تلك الفترة . وقبل تشخيص حالتي كنت أحس بالسأم من الحياة . فلم يكن يبدو أن هناك ما يستحق فعله . ولكني بعد خروجي من المستشفى بقليل حلمت بأني سينفذ فيَّ حكمٌ بالإعدام . وأدركت فجأة أن هناك أشياء كثيرة تستحق القيام بها ويمكنني أن أصنعها لو

أرجئ تنفيذ إعدامي . وأحد الأحلام الأخرى التي حلمت بها مرات عديدة هو أني أضحّي بحياتي لإنقاذ الآخرين . وعلى أي حال ، فإذا كنت مهما يحدث سوف أموت ، فلعل ذلك أن يكون فيه بعض فائدة .

على أني لم أمت ، ورغم وجود سحابة معلقة فوق مستقبلي ، إلا أنني وجدت لدهشتي أني حاليا أستمتع بالحياة أكثر مما كان فيما سبق . وأخذت أتقدم في بحثي ، وأتممت خطوبتي وتزوجت ، وحصلت على الزمالة في كلية كايوس بكمبردج .

أنهت زمالة كايوس مشكلتي المباشرة في الحصول على وظيفة . وكان من حسن حظي أني اخترت العمل في الفيزياء النظرية لأن هذا هو أحد المجالات القليلة التي لا تشكل فيها حالتي عقبة خطيرة . كما كان من حسن حظي أن زادت شهرتي العلمية في نفس الوقت الذي أصبح فيه عجزي أكثر سوءاً . فقد كان هذا يعني أن الناس أصبحوا مهيئين لأن يقدموا لي سلسلة من الوظائف ليس عليّ فيها إلا أن أشتغل بالبحث بدون أن يكون عليّ إلقاء المحاضرات .

كنا أيضا محظوظين في سكننا . وعندما تزوجنا كانت جين ما زالت طالبة في كلية وستفيلد بلندن ، وبالتالي كان عليها أن تسافر إلى لندن خلال الأسبوع . وكان هذا يعني أن علينا أن نجد سكناً يمكنني أن أتحرك فيه بدون عون وأن يكون له موقع متوسط ، لأني لا أستطيع المشي لمسافة بعيدة . وسألت في الكلية إن كان يمكنهم تقديم عون لي ، ولكنهم أخبروني عن طريق أمين الصندوق في ذلك الوقت بأن : سياسة الكلية هي

ألا تساعد أصحاب الزمالة في سكنهم . وبالتالي فقد أثبتنا اسمينا في قائمة لاستئجار إحدى الشقق من مجموعة شقق جديدة كان يجري بناؤها في ساحة السوق . (اكتشفت بعد ذلك بسنين أن هذه الشقق كانت مملوكة بالفعل للكلية ، ولكنهم لم يخبروني بذلك) . على أننا عندما عدنا لكمبردج بعد قضاء الصيف في أمريكا وجدنا أن هذا الشقق ليست جاهزة بعد . وفي تنازل عظيم ، قدم لنا أمين الصندوق غرفة في بيت شباب للطلبة الخريجين . وقال : «إننا عادة نتقاضى اثنى عشر شلناً وست بنسات لكل ليلة في هذه الغرفة . ولكن بما أنكما ستكونا اثنين في الغرفة فسوف نتقاضى خمسة وعشرين شلنا» .

لم نمكث هناك إلا ثلاث ليال . ثم وجدنا منزلاً يبعد حوالي مائة ياردة عن قسمي بالجامعة . وكان المنزل ينتمي لكلية أخرى تؤجره لأحد أصحاب الزمالة فيها . وكان هذا قد انتقل إلى منزل في الضواحي ، فأجَّر المنزل لنا من الباطن للشهور الثلاثة الباقية من عقد إيجاره . وأثناء هذه الشهور الثلاثة وجدنا منزلاً آخر في نفس الشارع وقد انتصب خاليا . واستدعى أحد الجيران المالكة من دورسيت وأخبرها أنها لفضيحة أن يكون منزلها خاويا بينما ثمة شبان يبحثون عن مأوى ، وهكذا أجَّرت لنا المنزل . وبعد أن عشنا فيه سنوات معدودة ، رغبنا في شرائه وإصلاحه ، وبالتالي طلبت من الكلية ضماني في الرهن المالي . واستقصت الكلية الأمر وقررت أن هذه ليست مضاربة مأمونة . وحصلنا في النهاية على ضمان الرهن من إحدى جمعيات البناء ، وأعطانا والداي النقود لإصلاح المنزل .

عشنا في ذلك المنزل أربع سنوات أخرى ، حتى أصبح من الصعب عليّ جداً التمكن من استخدام السلم . وكنت في ذلك الوقت قد أصبحت إلى حد ما موضع تقدير أكبر من الكلية ، كما تغير أمين الصندوق . وهكذا قدموا لنا شقة أرضية في بيت تملكه الكلية . وكان هذا المنزل ملائماً لي غاية الملاءمة فقد كانت غُرَفُه كبيرة وأبوابه واسعة . وكان موقعه متوسطاً بما يكفي ، بحيث يمكنني الوصول إلى قسمي بالجامعة أو للكلية مستخدما كرسيّ الكهربائي ذا العجلات . وكان المنزل مناسباً أيضاً لأطفالنا الثلاثة حيث كانت تحيط به حديقة يرعاها بستانيو الكلية .

كنت حتى ١٩٧٤ أستطيع تناول الطعام بنفسي وأن أدخل وأخرج من فراشي . وهكذا أمكن لجين أن تساعدني وأن تقوم بتربية طفلين دون عون خارجي . أما بعد ذلك ، فقد زادت الأمور صعوبة ، وبالتالي فقد داومنا على أن يعيش معنا أحد تلاميذي في البحث . وفي مقابل الإقامة المجانية والكثير من رعايتي كان هؤلاء الطلبة يساعدونني على النهوض ودخول الفراش . ثم غيرنا الحال في ١٩٨٠ بأن اتبعنا نظاما من استخدام ممرضات مشتركات أو ممرضات خصوصيات كن يأتين لساعة أو ساعتين في الصباح والمساء . واستمر ذلك حتى أصبت بالالتهاب الرئوي في ١٩٨٥ . وكان علي أن أجري عملية لشق القصبة الهوائية ، ومن وقتها للآن وأنا أحتاج لرعايتي بالتمريض طيلة أربع وعشرين ساعة . وقد أمكنني تدبير ذلك بما قدم لي من منح من مؤسسات عديدة .

قبل العملية كانت كلماتي تزداد تداخلاً أثناء نطقي إياها ، بحيث لم

يكن يستطيع فهمي إلا الأفراد الذين يعرفونني معرفة جيدة . على أني كنت على الأقل أستطيع التواصل مع الناس . وكنت أكتب أوراق البحث العلمية بإملائها على سكرتيرة ، كما كنت ألقي الحديث في الندوات من خلال مترجم لي يعيد نطق كلماتي بوضوح أكثر . على أن عملية شق القصبة الهوائية محت قدرتي على الكلام بالكامل . وظللت لزمن وسبيلي الوحيد إلى التواصل هو أن أتهجًى الكلمات حرفا حرفا بأن أرفع حاجبي عندما يشير أحدهم إلى الحرف الصحيح على بطاقة هجاء . وهذه طريقة صعبة إلى حد ما لمواصلة الحديث ، دع عنك كتابة ورق بحث علمي . إلا أن أحد خبراء الكمبيوتر في كاليفورنيا واسمه والت ولتوتز سمع بورطتي . وأرسل لي برنامج كمبيوتر كان قد ألّفه وسماه «الموازن» . ويتيح لي هذا البرنامج أن أختار الكلمات من سلسلة من القوائم على الشاشة بأن أضغط على زر في يدي . كما يمكن أيضا التحكم في البرنامج بحركة من الرأس أو العين . وعندما يكتمل ترتيب ما أريد قوله ، يصبح في إمكاني إرساله إلى مَخلق كلام .

في أول الأمر اقتصرت على استخدام برنامج «الموازن» بواسطة كمبيوتر مما يوضع على المكتب . وبعدها أعد دافيد ماسون ، بشركة كمبردج للاتصالات التكيفية ، جهاز كمبيوتر شخصي صغير ومخلق كلام يثبتان في كرسّي ذي العجلات . وهذا النظام يتيح لي التواصل على نحو أفضل كثيرا مما كان يمكنني قبلها . وأستطيع الآن التحدث بما يصل إلى خمس عشر كلمة في الدقيقة . وفي استطاعتي إما أن أتحدث بما قد كتبته أو أن

أختزنه على أسطوانة ، ثم يمكنني بعدها أن أخرجه مطبوعاً أو أن أستدعيه ثانية لاتحدث به جملة فجملة . وقد ألّفت باستخدام هذا النظام كتابين وعددا من أوراق البحث العلمية . كذلك فقد ألقيت عدداً من الأحاديث العلمية والشعبية التي لقيت قبولاً حسنا . وأعتقد أن هذا يرجع في جزء كبير منه إلى نوعية مخلق الكلمات ، الذي قامت بصنعه شركة (سبيتش بلاس) . وصوت المرء مهم أبلغ الأهمية . وإذا كان صوتك فيه تداخل ، فإن الناس سيعاملونك في ما يحتمل على أنك تعاني من نقص عقلي . ومخلق الكلام هذا هو أحسن مخلق سمعته حتى الآن لأنه يعطي تبايناً لنغمات الحديث ولا يتحدث بطريقة آلية . والمشكلة الوحيدة هي أنه يضفي عليّ لكنة أمريكية . وعلى أي حال فأنا الآن في تقمص مع صوته . ولست بالذي يود تغييره حتى ولو قدموا لي صوتا نغمته بريطانية . ذلك أني سأحس عندها بأني قد أصبحت شخصاً آخر .

ظللت مريضا بالعصبة الحركية لما هو عملياً طيلة حياتي الراشدة . على أن هذا لم يمنعني من أن تكون لي أسرة جد آسرة ومن أن أكون ناجحاً في عملي . وهذا بفضل من المساعدة التي تلقيتها من زوجتي وأطفالي وعدد كبير من أناس آخرين ومن منظمات أخرى . ومن حسن حظي أن مرضي أصبح يتقدم بمعدل أبطأ كثيرا مما يحدث غالبا في هذا المرض . وهذا يوضح ضرورة ألا يفقد المرء الأمل .

هوامش

(١) حديث ألقي في مؤتمر الجمعية البريطانية لمرض العصبة الحركية في برمنجهام ١٩٨٧.

(٢) تصلب أو تليف متناثر في أجزاء مختلفة غير محددة من الجهاز العصبي، وتختلف الأعراض من ضمور عضلات وخلافه حسب مكان الإصابة. (المترجم)

(٣) سرطان كرات الدم البيضاء. (المترجم)

4

مواقف الجمهور تجاه العلم.[1]

سواء أحببنا ذلك أم لم نحبه فإن العالم الذي نعيش فيه قد تغير تغيرا كبيرا في السنوات المائة الأخيرة ، كما يحتمل أنه سيتغير حتى بقدر أكبر في السنوات المائة التالية . وبعض الناس يودون لو أمكنهم إيقاف هذه التغيرات ليرتدُّوا وراءً إلى ما يرون أنه عصر أنقى وأبسط . ولكنّ الماضي ، كما يبين لنا التاريخ ، لم يكن رائعا هكذا . ولعله لم يكن جد سيء بالنسبة لأقلية لها امتيازاتها ، رغم أن أفراد هذه الأقلية كان عليهم أن يستغنوا عن الطب الحديث ، ورغم أن ولادة الأطفال كان فيها خطر كبير على النساء . أما بالنسبة للأغلبية العظمى من السكان ، فقد كانت الحياة كريهة متوحشة قصيرة .

وعلى أي حال ، فحتى لو كان هناك من يريد أن يرجع الزمن وراءً لعصر

أقدم ، فإنه لن يستطيع ذلك . فما لدينا من معرفة وتكنيكات لا يمكن نسيانها هكذا ببساطة . كما أننا لا نستطيع أن نمنع حدوث أوجه تقدم جديدة في المستقبل . وحتى لو توقف كل الإنفاق الحكومي على الأبحاث (والحكومة الحالية تبذل أقصى جهدها في ذلك) ، فإن ما للمنافسة من قوة سوف يؤدي رغم ذلك إلى إحداث أوجه تقدمٍ في التكنولوجيا . وفوق ذلك ، فما من أحد يمكنه أن يوقف العقول الباحثة عن أن تنشغل في التفكير في العلوم الأساسية سواء نالت أم لم تنل أجراً عن ذلك . والطريقة الوحيدة لمنع أي تطورات جديدة هي أن توجد دولة شمولية كوكبية تقمع كل شيء جديد ، على أن روح المبادرة والإبداع عند البشر هما بحيث لن يحدث حتى أن ينجح ذلك . وكل ما ستؤدي له دولة كهذه هو أنها ستبطئ من سرعة التغيير .

وإذا وافقنا على أننا لا نستطيع أن نمنع العلم والتكنولوجيا من تغيير عالمنا ، فإننا نستطيع على الأقل أن نحاول التيقن من أن التغيرات التي يحدثانها سوف تكون في الاتجاه الصحيح . وهذا يعني في المجتمع الديمقراطي أن الجمهور يحتاج لفهم العلم فهماً أساسياً حتى يمكنه اتخاذ قرارات متنورة ولا يترك اتخاذ القرارات في أيدي الخبراء . وموقف الجمهور تجاه العلم حاليا هو موقف متضارب إلى حد ما . فقد وصل الأمد بالجمهور إلى توقع أن التزايد المطرد في مستوى معيشته الذي تجلبه له التطورات الجديدة في العلم والتكنولوجيا سوف يظل مستمرا ، ولكن الجمهور أيضا لا يثق في العلم لأنه لا يفهمه . وعدم الثقة هذا يتضح من الصورة الهزلية

للعالم المجنون الذي يعمل في معمله لينتج المسخ فرانكشتين . وعدم الثقة أيضا عنصر هام وراء دعم الأحزاب الخضراء . على أن الجمهور أيضا يهتم اهتماما عظيما بالعلم ، وخاصة بعلم الفلك ، كما يظهر من الأعداد الكبيرة للجمهور الذي يشهد حلقات تليفزيونية مثل حلقات «الكون» وروايات الخيال العلمي .

ما الذي يمكن عمله للاستفادة من هذا الاهتمام ولإعطاء الجمهور الخلفية العلمية التي يحتاج لها لاتخاذ قرارات متنورة بشأن مواضيع مثل الأمطار الحمضية[٢] وظاهرة الصوبة[٣] ، والأسلحة الذرية ، والهندسة الوراثية؟ من الواضح أن الأساس ينبغي أن يوضع في ما يتم تدريسه بالمدارس . على أن العلم غالبا ما يقدَّم في المدرسة بأسلوب جاف لا يثير الاهتمام . والأطفال يحفظونه عن ظهر قلب حتى يجتازوا الامتحانات ، ولا يدركون ما له علاقة بالعالم من حولهم . وفوق ذلك ، فإن العلم غالبا ما يتم تدريسه بلغة من المعادلات . ورغم أن المعادلات هي طريقة دقيقة مضبوطة لتوصيف الأفكار الرياضية ، إلا أنها تخيف معظم الناس . وعندما كتبت مؤخرا كتاباً شعبياً أسدى لي النصح بأنَّ كل معادلة أُضمِّنها في الكتاب سوف تخفض المبيعات إلى النصف . ولم أضمّن الكتاب إلا معادلة واحدة ، هي معادلة إينشتين المشهورة ط=ك س٢[٤] . ولعلي كنت سأبيع ضعف ما بعته من نسخ لو كان الكتاب بدون هذه المعادلة .

ينزع العلماء والمهندسون إلى التعبير عن أفكارهم في شكل معادلات لأنهم يحتاجون إلى معرفة المقادير الدقيقة للكميات . أما بالنسبة لسائرنا ،

فإن الاستيعاب الكيفي للمفاهيم العلمية فيه الكفاية ، وهذا يمكن توصيله بالكلمات والأشكال التوضيحية بدون استخدام للمعادلات .

وما يتعلمه الناس من علم في المدارس يمكن أن يزودنا بالإطار الأساسي اللازم ، إلا أن التقدم العلمي حاليا سريع جدا بحيث أن هناك دائما تطورات جديدة تحدث بعد أن يتخرج الواحد من المدرسة أو الجامعة . وأنا لم أتعلم قط في المدرسة أي شيء عن البيولوجيا الجزيئية أو الترانستور ، على أن الهندسة الوراثية والكمبيوترات هما تطوران من التطورات الجديدة التي يحتمل غالبا أنها ستغير من الطريقة التي نعيش بها في المستقبل . والكتب الشعبية هي ومقالات المجلات المكتوبة عن العلم يمكنها أن تساعد على استيعاب التطورات الجديدة ، وعلى أنه حتى أكثر الكتب الشعبية نجاحاً لن يقرأه إلا نسبة صغيرة من السكان . والتليفزيون وحده هو الذي يمكنه الوصول إلى جمهور نظارة ضخم حقا . وهناك بعض برامج علمية في التليفزيون جيدة جدا ، ولكن بعض البرامج الأخرى تعرض عجائب العلم وكأنها ببساطة أمور من السحر ، وذلك دون تفسيرها أو توضيح الطريقة التي تتخذ بها موضعها الملائم في إطار الأفكار العلمية . ومنتجو البرامج العلمية في التليفزيون ينبغي أن يدركوا ما عليهم من مسئولية لتعليم الجمهور وليس فحسب لتسليته .

ما هي القضايا المتعلقة بالعلم التي سيكون على الجمهور أن يتخذ قرارا بشأنها في المستقبل القريب؟ إن أهم القضايا الملّحة هى إلى حد كبير قضية الأسلحة النووية . والقضايا الكوكبية الأخرى مثل توفير الطعام أو ظاهرة

الصوبة هى نسبيا قضايا بطيئة المفعول ، أما الحرب النووية فقد تعني نهاية كل الحياة البشرية على الأرض خلال أيام . والتراخي في أوجه التوتر بين الشرق والغرب الذي أحدثته نهاية الحرب الباردة يعني أن الخوف من وقوع حرب نووية قد انحسر عن الوعي الجماهيري . إلا أن الخطر مازال موجودا طالما أن هناك أسلحة تكفي لقتل كل سكان العالم عدة مرات . ودول الاتحاد السوفيتي السابق هى وأمريكا فيها أسلحة نووية ما زالت موجّهة لضرب كل المدن الرئيسية في نصف الكرة الشمالي . وضغط الزناد لتفجير حرب كوكبية لن يتطلب إلا خطأ في جهاز كمبيوتر أو تمرد بعض أولئك الذين يسيطرون على تشغيل هذه الأسلحة . بل إن ما يثير القلق أكثر من ذلك هو وجود قوى صغيرة نسبيا تعمل الآن على الحصول على أسلحة نووية . والقوى الكبرى قد سلكت بطريقة مسئولة إلى حد معقول ، ولكن المرء لايستطيع أن يثق مثل هذه الثقة في القوى الصغرى مثل ليبيا أو العراق أو باكستان أو حتى أذربيجان(*) . وليس الخطر هنا مما يرجع كثيرا إلى الأسلحة النووية الفعلية التي قد تمتلكها سريعا هذه القوى الصغيرة ، فهي ستكون أسلحة بدائية إلى حد ما ، وإن كانت مع ذلك يمكنها أن تقتل الملايين من الأفراد . وإنما الخطر هنا أن حربا ذرية بين قوتين من القوى الصغرى يمكن أن تجر القوى الكبرى إليها بما لديها من ترسانات هائلة .

ومن المهم جدا أن يدرك الجمهور هذا الخطر وأن يضغط على كل الحكومات لتتفق على خفض كبير في التسلح . ومن المحتمل أن إزالة الأسلحة النووية إزالة كاملة ليست أمرا عمليا ، إلا أننا يمكن أن نقلل من قدر

الخطر بأن نخفض من عدد هذه الاسلحة .

وإذا تمكنا من تجنب الحرب النووية ، ستظل هناك مع ذلك مخاطر أخرى يمكن أن تدمرنا جميعا . وثمة فكاهة سخيفة تقول إن السبب في أنه لم يحدث أن اتصلت بنا أي حضارة من خارج عالمنا هو أن الحضارات تنزع إلى أن تدمر ذاتها عندما تصل إلى مرحلتنا . إلا أن لديَّ من الإيمان بحسن إدراك الجمهور ما يكفي لأن أعتقد أننا ربما سنثبت خطأ ما تقوله هذه الفكاهة .

هوامش

(١) كلمة القيت في أوفيد و باسبانيا، بمناسبة تلقي جائزة التناسق والانسجام لأمير استورياس. هذا وقد روجعت هذه الكلمة لتحديثها.

(٢) تلوث الأمطار أثناء سقوطها بما يوجد في الجو من مواد تلوث صناعي كيماوي فتصبح أمطارا حمضية تضر بالنبات والبيئة. (المترجم)

(٣) ظاهرة الصوبة أو بيت النباتات الزجاجي : زيادة في حرارة العالم بسبب زيادة ما يحيط به من غازات مثل ثاني أكسيد الكربون تمنع تسرب الحرارة منه بمثل ما تمنع الصوبة تسرب حرارة الشمس خارجها، فتزيد درجة الحرارة زيادة ضارة. (المترجم)

(٤) E=mc2 ، الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء ، والمؤلف يشير هنا إلى كتابه المشهور (تاريخ موجز للزمان) الذي مازال من أحسن الكتب بيعاً منذ ١٩٨٧. (المترجم)

(٥) من عجب أن الإشارة اقتصرت هنا على دول عربية أو إسلامية ولم يشر مثلا إلى دول مثل إسرائيل أو الأرجنتين. (المترجم)

5

تاريخ موجز لكتاب "تاريخ موجز"[1]

ما زلت نوعاً ما مذهولاً من الاستقبال الذي لاقاه كتابي (تاريخ موجز للزمان) . وقد ظل في قائمة صحيفة (نيويورك تايمز) لأكثر الكتب بيعاً طيلة ٣٧ أسبوعاً ، كما ظل في قائمة صحيفة صنداي تايمز طيلة ٢٨ أسبوعاً . (نشر الكتاب في بريطانيا متأخراً عن نشره في الولايات المتحدة) . هذا وقد تمت ترجمة الكتاب إلى عشرين لغة (أو إلى إحدى وعشرين لغة إذا حسبنا اللغة الامريكية على أنها تختلف عن الإنجليزية) . وهذا يفوق كثيرا ما كنت أتوقعه عندما خطرت لي لأول مرة في ١٩٨٢ فكرة تأليف كتاب شعبي عن الكون . وكان غرضي في جزء منه هو أن أكتسب مالاً لدفع المصاريف المدرسية لابنتي ، (الحقيقة أنه وقت ظهور الكتاب بالفعل كانت هى في آخر سنة لها بالمدرسة) . على أن السبب الرئيسي هو أني أردت أن أفسر المدى

البعيد الذى أحس أننا قد بلغناه في فهمنا للكون : كيف أننا ربما نكون على وشك العثور على نظرية كاملة توصّف الكون وكل شيء فيه .

وما دمت سأبذل الوقت والجهد في تأليف الكتاب فقد وددت أن يصل إلي أكبر عدد ممكن من الناس . وقد كان لي كتب تكنيكية قبل ذلك نشرتها دار مطبعة جامعة كمبردج . وقد قامت دار النشر هذه بتنفيذ الكتب على أحسن وجه ، ولكني لم أشعر أن الدار ستتلاءم حقاً مع نوع السوق الجماهيرية التي كنت أريد الوصول إليها . وبالتالي ، فقد تعاقدت مع وكيل أعمال أدبي ، هو آل زوكرمان ، وكان قد قُدم لي للتعارف به بصفته أخاً لزوجة أحد الزملاء . وأعطيته مسودةً للفصل الأول وشرحت له أني أريد لهذا الكتاب أن يكون من النوع الذي يباع في أكشاك الكتب في المطارات . وأخبرني أن ليس هناك فرصة لمثل هذا الاحتمال . فالكتاب قد يباع جيداً للأكاديميين والطلبة ، ولكنَّ كتاباً كهذا لا يمكن أن يدخل في نطاق كتب مثل كتب جفري أرشر .

أعطيت زوكرمان أول مسودة للكتاب في ١٩٨٤ . وأرسلها هو إلى العديد من الناشرين وأوصى بأن أقبل عرضاً من نورتون ، وهى شركة كتب أمريكية للتسويق الراقي إلى حد كبير . ولكني قررت بدلاً من ذلك أن أقبل عرضا من دار بانتام للكتب ، وهي دار نشر لها توجه أكثر نحو السوق الشعبية . ورغم أن بانتام لم تتخصص في نشر الكتب العلمية ، إلا أن كتبها متاحة بشكل واسع في أكشاك الكتب بالمطارات . ولعل سبب تقبلهم لكتابي هو ما أثاره الكتب من اهتمام أحد محرري الدار ، وهو بيتر

جوتزاردي . وهو رجل يأخذ عمله مأخذاً جديا للغاية ، وهكذا جعلني أعيد كتابة الكتاب حتى يصبح مفهوماً لغير العلميين من أمثاله . وكلما أرسلت له فصلاً قد أعدتُ كتابته ، كان يرسل لي ثانية قائمة طويلة من الاعتراضات والأسئلة التي يريدني أن أوضحها وساورني الاعتقاد أحيانا بأن هذه العملية لن تنتهي أبدا . إلا أنه كان مصيبا : فقد كانت النتيجة أن أصبح الكتاب أفضل كثيرا .

وافقت على عرض بانتام ، وسرعان ما أصبت بعدها بالالتهاب الرئوي . وكان عليَّ أن أجري عملية شق القصبة الهوائية ، وهي العملية التي محت صوتي . وظللت زمنا لا أستطيع التواصل إلا برفع حاجبي بينما يشير أحدهم إلى أحرف على بطاقات هجاء . وكان من المستحيل تماما إنهاء الكتاب لولا برنامج الكمبيوتر الذي تم منحه لي . وهذا البرنامج بطئ بعض الشئ ، على أني أيضا أفكر ببطء ، وبالتالي فقد كان ذلك ملائما لي كل الملائمة . وإذ استعنت به فقد أعدت تقريبا بالكامل كتابة أول مسودة لي كاستجابة لإلحاحات جوتزاردي . وساعدني في هذه المراجعة أحد تلاميذي وهو بريان هويت .

كنت متأثرا أيما التأثر بحلقات جاكوب برونوفسكي في التليفزيون وعنوانها هو «صعود الإنسان» (الرجل)[٢] (وعنوان فيه تمييز جنسي هكذا ليس مما يسمح به الآن) . وتعطي هذه الحلقات إحساساً بالإنجاز الذي توصل إليه الجنس البشري في تطوره من الهمج البدائيين إلى وضعنا الحالي خلال خمس عشرة ألف سنة لاغير . وددت أن أنقل إحساسا مماثلاً عن

تقدمنا نحو الفهم الكامل للقوانين التي تحكم الكون . وكنت واثقاً من أن كل واحد تقريبا يهتم بمعرفة الطريقة التي يعمل بها الكون ، ولكن معظم الناس لا يستطيعون متابعة المعادلات الرياضية- وأنا نفسي لا أهتم كثيرا بالمعادلات . وسبب ذلك في جزء منه هو أن من الصعب عليَّ أن أسجل المعادلات كتابة . على أن السبب الرئيسي لذلك هو أني ليس لديَّ الإحساس الحدسي بالمعادلات . وبدلاً من ذلك فأنا أفكر بلغة من الصور ، وكان هدفي في هذا الكتاب هو توصيف هذه الصور الذهنية بالكلمات ، بمساعدة من التمثيل بأمثلة مألوفة وبمساعدة من رسوم توضيحية قليلة . وأملت أنه بهذه الطريقة سيتمكن معظم الناس من المشاركة في الانفعال والإحساس بالإنجاز في ما يتعلق بالتقدم الرائع الذي تم في الفيزياء في السنوات الخمس والعشرين الأخيرة .

على أنه حتى مع محاولة تجنب الرياضيات ، إلا أن بعض الأفكار تظل غير مألوفة ومما يصعب تفسيره . وقد طرح ذلك مشكلة وهي : هل ينبغي أن أحاول تفسير هذه الأفكار مُخاطراً بأني قد أسبب بلبلة الناس ، أو هل ينبغي أن أموِّه على تلك المصاعب؟ وبعض هذه المفاهيم غير المألوفة لم تكن جوهرية بالنسبة للصورة التي أردت أن أرسمها ، ومثال ذلك حقيقة أن الملاحظين اللذين يتحركون بسرعات مختلفة يقيسون فترات زمنية مختلفة بين نفس الحدثين . وبالتالي فقد أحسست بأني أستطيع أن أذكر فحسب هذه المفاهيم غير المألوفة ولكن دون أن أتعمق فيها . إلا أن أفكاراً صعبة أخرى كانت أساسية بالنسبة لما أردت أن أوضحه . وكان هناك على وجه

التحديد مفهومان من هذا النوع أحسست أن عليَّ تضمينها في الكتاب . وأحدهما هو مايسمى حاصل جمع التواريخ . وهذه فكرة بأنه ليس هناك فحسب تاريخ وحيد للكون . وبدلاً من ذلك فإن هناك مجموعة من كل التواريخ الممكنة للكون ، وكل هذه التواريخ حقيقية بدرجة متساوية (أياً كان ما قد يعنيه ذلك) . والفكرة الأخرى ، وهي فكرة ضرورية لتجعل لحاصل جمع التواريخ معنى معقول رياضيا ، هي فكرة «الزمان التخيلي» . وبالتفكير وراءً في ما حدث ، أُحسُّ الآن أنه كان ينبغي عليَّ أن أبذل جهدا أكبر في تفسير هذين المفهومين الصعبين كل الصعوبة ، وخاصة الزمان التخيلي ، الذي يبدو أنه الشيء الذي وجد الناس أنه الأكثر صعوبة في الكتاب . على أنه ليس من الضروري حقاً أن يُفهم الزمان التخيلي فهماً دقيقاً– ويكفي فهم أنه يختلف عما نسميه الزمان الحقيقي .

بينما كان الكتاب على وشك أن ينشر ، حدث لأحد العلماء الذين أرسلت لهم نسخة مبكرة منه لعرضه في مجلة «نيتشر» أن أصابه الذعر عندما وجد الكتاب مملوءاً بالأخطاء ، وصحب ذلك وضع الصور الفوتوغرافية والأشكال التوضيحية في مواضع خطأ مع كتابة عناوين خطأ لها . وهاتَفَ ذلك العالم دار بانتام ، التي أصابها قدر ما أصابه من ذعر وقررت في نفس اليوم أن تسحب الطبعة كلها وتمحوها . وأنفقوا ثلاثة أسابيع في عمل مكثف لتصحيح الكتاب كله وإعادة فحصه ، حتى أصبح جاهزا في الوقت المناسب لأن يكون في المكتبات في تاريخ نشره في إبريل . وأبان ذلك كانت مجلة تايم قد نشرت لمحة عن حياتي . وحتى مع هذا ، فقد

أصيب المحررون بالدهشة من قدر الطلب على الكتاب . والكتاب الآن في طبعته السابعة عشرة في أمريكا والعاشرة في بريطانيا[٣] .

لماذا اشترى الكتاب أناس كثيرون هكذا؟ من الصعب عليّ أن أكون على يقين من أن رأيي هنا سيكون رأيا موضوعيا ، وبالتالي أرى أن أستدل بما قاله الناس الآخرون . وقد وجدت أن معظم مقالات عرض الكتاب رغم أنها في صالحه إلا أنها إلى حد ما غير منورة . فعارضو الكتاب قد مالوا إلى اتباع هذه الصيغة : ستيفن هوكنج مريض بمرض لوجريج (في مقالات العرض الأمريكية) ، أو بمرض العصبة الحركية(في مقالات العرض البريطانية) ، وهو حبيس مقعده ذي العجلات ولا يستطيع الكلام ، ولا يستطيع أن يحرك إلا (س) من الأصابع ، (س هذه عدد يبدو أنه يختلف من أصبع واحد إلى ثلاثة أصابع ، حسب أي مقالة غير دقيقة هي التي قرأها عني عارض الكتاب) . ومع هذا فإن هوكنج قد وضع كتابه هذا عن أكبر الأسئلة كلها : من أين أتينا وإلى أين نذهب؟ والإجابة التي يقترحها هوكنج هي أن الكون لا يفني ولا يستحدث . وحتى يصيغ هوكنج هذه الفكرة فإنه يطرح مفهوم الزمان التخيلي وهو مفهوم أجده أنا (أي عارض الكتاب) مما يصعب بعض الشيء متابعته . ومع ذلك فإنه إذا كان هوكنج على صواب بحيث أننا سنجد بالفعل نظرية موحدة كاملة ، فإننا سوف نعرف حقا ما يكونه الفكر الخلاق . (في مرحلة البروفات كدت أحذف الجملة الأخيرة من الكتاب ، وهي أننا سوف نعرف الفكر الخلاق . ولو فعلت ذلك لربما انخفضت المبيعات إلى النصف) .

على أن أكثر المقالات تفهماً (كما أحسست أنا) هي مقالة وردت في صحيفة الاندبندنت ، وهي صحيفة لندنية ، ورد فيها أنه حتى الكتاب العلمي الجاد مثل كتاب (تاريخ موجز للزمان) يمكن أن يصبح موضوع إعجاب يقارب كتب العبادة . وأثار ذلك روع زوجتي ولكني أحسست بما يشبع غروري إلى حد ما إذ أنَّ لي كتاباً يقارن بكتاب (زن)[4] وبكتاب (فن صيانة الدراجة البخارية) . واني لآمل أن كتابي هذا ، مثله مثل كتاب (زن) ، سوف يعطي للناس الإحساس بأنهم يحتاجون إلى ألا ينفصلوا عن المسائل الثقافية والفلسفية الكبرى .

لا شك أنه مما ساعد على رواج الكتاب تلك الحكاية التي تثير اهتماماً إنسانياً عن كيفية توصلي لأن أكون من الفيزيائيين النظريين رغم مرضي المعوق . على أن من يشترون الكتاب ووجهة نظرهم هي هذا الاهتمام الإنساني سيصابون في ما يحتمل بخيبة أمل لأنه لا يحوي إلا إشارتين فحسب لمرضي . والكتاب إنما قصد به أن يكون تاريخا للكون وليس تاريخاً لي . الا أن هذا لم يمنع من ظهور اتهامات بأن دار بانتام قد استغلت مرضى على نحو يثير الخجل وأنني قد شاركت في ذلك بأن سمحت بظهور صورتي على الغلاف . والحقيقة أنه حسب العقد المبرم معي ليس لي أي تحكم في الغلاف . على أني توصلت بالفعل إلى إقناع بانتام باستخدام صورة فوتوغرافية في الطبعة الأمريكية . إلا أن بانتام لم تقبل تغيير الغلاف الأمريكي لأن الجمهور الأمريكي حسب قولها أصبح الآن يدمج الصورة بالكتاب .

كان مما طرح أن الناس يشترون الكتاب لأنهم قرأوا مقالات عرضه ، أو لأنه في قائمة أكثر الكتب بيعاً ، ولكنهم لا يقرأونه ، وإنما فحسب يضعونه في مكتباتهم أو على طاولة القهوة ، بحيث يُعرف عنهم امتلاكه دون أن يبذلوا الجهد في محاولة فهمه . وأنا واثق من أن هذا يحدث ، ولكني لا أعرف إن كان يحدث بدرجة أكبر مما بالنسبة لمعظم الكتب الجادة الأخرى ، بما في ذلك الإنجيل وكتب شكسبير . ومن الناحية الأخرى فأنا أعرف أن بعض الناس على الأقل لا بد وأنهم قد قرأوا هذا الكتاب ، لأنه يصلني في كل يوم كومة من الرسائل عن كتابي ، والكثير منها فيها أسئلة تُسأل أو تعليقات تفصيلية تدل على أن كاتبيها قد قرأوا الكتاب ، حتى وإن لم يفهموه كله . كما أني أيضا يوقفني أفراد غرباء عني في الشارع ويخبرونني عن مدى استمتاعهم كثيرا بالكتاب . وطبيعي أني مؤلف يسهل التعرف عليه حيث أني أكثر تمايزاً ، وإن لم أكن أكثر امتيازاً ، عن معظم المؤلفين . على أن المعدل الذي أتلقى به هذه التهاني الجماهيرية (والتي تحرج أعظم الإحراج ابني الذي بلغ التاسعة من عمره) هو معدل يدل في ما يبدو على أن هناك على الأقل نسبة ممن يشترون الكتاب ويقرأونه بالفعل .

يسألني الناس الآن ما الذي أنوي فعله بعد ذلك . وأنا أحس أن من الصعب عليَّ أن أكتب تكملة لكتاب (تاريخ موجز للزمان) . ماذا يمكن أن أسميها؟ (تاريخ أطول للزمان)؟ (ماوراء نهاية الزمان)؟ (ابن الزمان)؟ وقد اقترح وكيل أعمالي أن أسمح بتصوير فيلم لأنفسنا بأن يقوم ممثلون بتصوير حياتنا . ويصدق نفس الشيء . وأنا بالطبع لا أستطيع منع أحد من أن يكتب

على نحو مستقل سيرتي ، مادام لا يشهَّر بي فيها ، ولكني أحاول ردَّهم عن ذلك بأن أقول إني أنظر في أمر كتابة سيرتي الذاتية . ولعلي سأفعل . ولكني لست في عجلة من أمري . فلديَّ أمور علمية كثيرة أريد إنجازها أولا .

هوامش

(١) نشرت هذه المقالة أصلا في ديسمبر ١٩٨٨ بصحيفة «انديندنت» وكتاب (تاريخ موجز للزمان) ظل في قائمة صحيفة نيويورك تايمز لأكثر الكتب بيعاً طيلة ثلاثة وخمسين أسبوعا، وفي بريطانيا ظل الكتاب حتى فبراير ١٩٩٢ في قائمة صحيفة صنداي تايمز بلندن طيلة ٢٠٥ أسبوع (في الأسبوع ١٨٤ سُجل الكتاب في «كتاب جينيس للأرقام القياسية» لوصوله إلى أقصى الإصدارات في هذه القائمة) وعدد الطبعات المترجمة هو الآن ثلاث وثلاثون طبعة.

(٢) كلمة man الإنجليزية تعني الإنسان كما تعني الرجل. (المترجم)

(٣) بحلول أبريل من عام ١٩٩٢، وكان الكتاب في الولايات المتحدة في طبعته الأربعين ذات الغلاف المقوى، وطبعته التاسعة عشرة ذات الغلاف الورقي، وفي بريطانيا في طبعته التاسعة والثلاثين ذات الغلاف المقوى.

(٤) جماعة من البوذية تعتقد أنه يمكن بالتأمل الوصول إلى الحقيقة. (المترجم)

6

ما هو موقفي[١]

هذه المقالة ليست عما أؤمن به ، وإنما سأناقش فيها بدلاً من ذلك طريقة تناولي للكيفية التي يمكن للمرء أن يفهم بها الكون : ما هو وضع ومعنى النظرية الموحدة الكبرى ، «نظرية كل شيء» . وها هنا مشكلة حقيقية . فالفلاسفة هم الذين يجب أن يدرسوا ويناقشوا هذه المسائل ، ولكنهم في أغلبهم ليس لديهم الخلفية الرياضية الكافية لأن يتابعوا التطورات الحديثة في الفيزياء النظرية . وثمة نوع متفرع يسمى بفلاسفة العلم وهم من ينبغي أن يكونوا أفضل تجهيزا . إلا أن الكثيرين منهم فيزيائيون فاشلون وجدوا أن من الصعب عليهم أبلغ صعوبة أن يبتكروا نظريات جديدة وبالتالي فإنهم بدلاً من ذلك يداومون على الكتابة في فلسفة الفيزياء . وهم ما زالوا يتناقشون حول النظريات العلمية للسنوات الأولى من هذا القرن ، مثل

النسبية وميكانيكا الكم . فهم لا صلة لهم بالحدود الحالية للفيزياء .

ولعلي قسوت بعض القسوة على الفلاسفة ، ولكنهم لم يكونوا ودودين معي . فقد وصفوا تناولي للأمور بأنه تناول ساذج وفيه بساطة تفكير . وقد أطلقت عليّ صفات شتى مثل وصفي بأني من أتباع مذهب الاسمية[٢] ومن أتباع مذهب الذرائعية[٣] ومذهب الوضعية[٤] والواقعية[٥] وغير ذلك من المذاهب العديدة . ويبدو أن التكنيك هنا هو التفنيد بتشويه السمعة . فأنت إذا أمكنك أن تلصق بطاقة تصنيف على طريقة فهمي للأمور ، لن يكون عليك بعد أن تذكر ما هو وجه الخطأ فيها . ولا شك أن كل واحد يعرف الأخطاء القاتلة لكل هذه المذاهب .

والناس الذين يصنعون بالفعل أوجه التقدم في الفيزياء النظرية لا يفكرون بلغة المقولات التي يبتكرها لهم فيما بعد الفلاسفة ومؤرخو العلم . وأنا على ثقة من أن إينشتين وهايزنبرج وديراك لم يشغلوا بالهم بما إذا كانوا من الواقعيين أو الذرائعيين . فهم ببساطة كانوا مشغولين بأن النظريات الموجودة وقتها لا تتلاءم معا . ولصنع أوجه التقدم في مجال الفيزياء النظرية نجد أن البحث عن الاتساق الذاتي المنطقي هو دائما أهم من النتائج التجريبية . ومن الناحية الأخرى فإنّ هناك نظريات رائعة جميلة قد نبذت حيث أنها لا تتفق مع الملاحظات ، ولكني لم أسمع عن أي نظرية كبرى قد طرحت فحسب على أساس من التجربة . فالنظرية هي التي تأتي دائماً أولاً ، ويتم طرحها بسبب الرغبة في الحصول على نموذج رياضي رائع متسق . ثم تعطي النظرية تنبؤات ، وهذه يمكن اختبارها بالملاحظة . وإذا

اتفقت الملاحظات مع التنبؤات فإن هذا لا يبرهن على النظرية ، وإنما تظل النظرية باقية لتصنع تنبؤات جديدة ، يتم مرة أخرى اختبارها بالملاحظة . وإذا لم تتفق الملاحظات مع التنبؤات ، نتخلى عن النظرية .

أو بالأصح فإن هذا هو ما يفترض أن يحدث . أما عند التطبيق فإن الناس ينفرون جداً من التخلي عن نظرية قد أنفقوا فيها الكثير من الجهد والوقت . وهم عادة يأخذون في الشك في مدى دقة الملاحظات . وإذا فشل ذلك فإنهم يحاولون تعديل النظرية بطريقة موجهة على نحو خاص . وفي النهاية تصبح النظرية صرحاً قبيحاً متهاوياً . ثم يطرح أحدهم نظرية جديدة يتم فيها تفسير كل الملاحظات المربكة على نحو طبيعي رائع . وأحد أمثلة ذلك تجربة ميشيلسون – مورلي التي أجريت في ١٨٨٧ ، والتى بينت أن سرعة الضوء تكون دائماً هي نفسها ، بصرف النظر عن طريقة تحرك مصدر الضوء أو الملاحظ . وقد بدا هذا أمراً مضحكاً فلا شك أنه إذا تحرك أحدهم تجاه الضوء فإنه ينبغي أن يقيس انتقال الضوء بسرعة أكبر ممن يقيسها وهو يتحرك في نفس اتجاه الضوء ، إلا أن التجربة بينت أن كلا الملاحظيْن يقيس بالضبط السرعة نفسها . وطيلة السنوات الثمانية عشرة التالية حاول أناس مثل هندريك لورنتز وجورج فيتزجيرالد أن يكيفوا هذه الملاحظة من داخل الأفكار المتفق عليها بالنسبة للمكان والزمان . وأدخلوا فروضاً موجهة على نحو خاص ، مثل افتراض أن الأشياء تصبح أقصر عندما تتحرك بسرعات كبيرة . وأصبح الإطار الفيزيائي كله قبيحا متخبطاً . ثم طرح إينشتين في ١٩٠٥ وجهة نظر أشد جاذبية إلى حد كبير ، حيث

الزمان لا ينظر إليه على أنه منفصل ومستقل بالكامل . وبدلاً من ذلك فإنه يتولف مع المكان في شئ ذي أربعة أبعاد يسمى المكان- الزمان . وكان إينشتين مدفوعا إلى هذه الفكرة بسبب رغبته في جعل جزئين من النظرية يتلاءمان معاً في شكل متناسق ، أكثر مما كان مدفوعاً لذلك بسبب النتائج التجريبية . وهذان الجزءان هما القوانين التي تحكم المجالات الكهربائية والمغناطيسية ، والقوانين التي تحكم حركة الأجسام .

ولا أعتقد أن إينشتين أو أي واحد آخر كان يدرك في ١٩٠٥ مدى بساطة وروعة النظرية الجديدة للنسبية . لقد أدت هذه النظرية إلى تنوير كامل لأفكارنا عن المكان والزمان . وهذا المثل يوضح جيداً صعوبة أن يكون المرء واقعياً بالنسبة لفلسفة العلم ، ذلك أن ما نعتقد أنه واقعي يكون مشروطا بالنظرية التي نقر بها . وأنا واثق من أن لورنتز وفيتزجيرالد كانا يعدان نفسيهما واقعيين وهما يفسران تجربة سرعة الضوء بلغة من الأفكار النيوتونية عن المكان المطلق والزمان المطلق . فهذه الأفكار عن المكان والزمان كانت تبدو مما يتوافق مع الإدراك المشترك والواقع . أما الآن ، فإن أولئك الذين يحسنون معرفة نظرية النسبية ، والذين ما زالوا أقلية صغيرة بما يثير القلق ، لهم نظرة مختلفة عن ذلك نوعا . وينبغي علينا أن نخبر الناس عن هذا الفهم الحديث للمفاهيم الأساسية مثل مفاهيم المكان والزمان .

وإذا كان ما نعده واقعياً يعتمد على ما لدينا من نظرية ، فكيف يمكننا أن نجعل الواقع أساسا لفلسفتنا؟ وأنا قد أقول إني واقعي بمعنى أني أعتقد أن ثمة كون موجود هناك بالخارج ينتظر من يستقصي أمره ويفهمه . وأنا أعتبر

أن الموقف الأنوي[1] القائل بأن كل شيء هو من خلق تصوراتنا لهو موقف فيه مضيعة للوقت . فلا أحد يتصرف على أساس ذلك . ولكننا لا نستطيع أن نميز ماهو واقعي بالنسبة للكون بدون نظرية . وبالتالي فإني أتخذ الرأي بأن نظرية الفيزياء هي مجرد نموذج رياضي نستخدمه لتوصيف نتائج الملاحظات ، وهذا هو الرأي الذي وصف بأن فيه بساطة في التفكير أو سذاجة . والنظرية تكون نظرية جيدة إذا كانت نموذجاً رائعاً ، وإذا كانت تصف طائفة واسعة من الملاحظات ، وإذا تنبأت بنتائج النظرية تتفق مع الواقع ، لأننا لا نعرف ما يكونه الواقع مستقلاً عن النظرية . وهذا الرأي عن النظريات العلمية ربما يجعلني ذرائعياً أو وضعياً - وكما ذكرت أعلاه فقد وصفت بأني من أتباع المذهبين . هذا والشخص الذي وصفني بأني وضعي قد واصل حديثه بأن أضاف القول بأن كل واحد يعرف أن الوضعية قد راح زمانها - وهذه حالة أخرى من التفنيد بتشويه السمعة . وقد تكون الوضعية حقا مما راح زمنه بمعنى أنها كانت الموضة الثقافية بالأمس ، إلا أن هذا الموقف الوضعي الذي أوجزته هو في ما يبدو الموقف الوحيد الممكن للشخص الذي يبحث عن قوانين جديدة وطرائق جديدة لتوصيف الكون . ولن يكون مفيداً أن نستدعي الواقعية لأننا ليس لدينا نموذج لمفهوم مستقل للواقع .

وفي رأيي أن ما يوجد من إيمان بنموذج لواقع مستقل ، الأمر الذي لا يتحدث به أحد ، هذا الإيمان هو السبب الكامن وراء الصعوبات التي يلقاها فلاسفة العلم بالنسبة لميكانيكا الكم ومبدأ عدم اليقين . وهناك تجربة فكرية

شهيرة تسمى قطة شرودينجر . فثمة قطة قد وضعت في صندوق محكم الغلق ، وهناك بندقية مسددة إليها ، وسوف تنطلق البندقية لو حدث اضمحلال في نواة مشعة . واحتمال أن يحدث ذلك هو خمسون في المائة . (لا يمكن أن يجرؤ أحد الآن على طرح فرض كهذا ، حتى ولو من باب التجربة الفكرية الخالصة ، ولكنهم في زمن شرودينجر لم يكونوا قد سمعوا بعد عن تحرير الحيوان) .

ولو فتحنا الصندوق ، سنجد أن القطة إما أن تكون ميتة أو حية ، أما قبل فتح الصندوق ، فإن حالة القطة كمياً ستكون خليطاً من حالة لموت القطة مع حالة تكون القطة فيها حية . وهذا أمر يجد بعض فلاسفة العلم أن من الصعب جداً أن يوافقوا عليه . فالقطة كما يزعمون لا يمكن أن تكون في حالة من نصف مصابة بالطلقة ونصف غير مصابة ،مثلما لا يمكن لامرأة أن تكون نصف حامل . والسبب في نشأة المشكلة عندهم هو أنهم يستخدمون ضمنياً مفهوماً كلاسيكياً للواقع حيث يكون للشيء تاريخ واحد محدد . في حين أن كل النقطة المهمة في ميكنيك الكم هي أن لها نظرة مختلفة للواقع . وحسب هذه النظرة ، فإن الشيء لا يكون له تاريخ وحيد فحسب بل إن له كل التواريخ الممكنة . وفي أغلب الحالات ، فإن احتمال أن يكون له تاريخ معين سيلغيه احتمال أن يكون له تاريخ آخر يختلف اختلافاً بسيطاً جداً ، إلا أنه في حالات معينة يحدث أن احتمالات التواريخ المتجاورة يعزز أحدها الآخر ، وأحد هذه التواريخ المعززة هو ما نلاحظه كتاريخ للشيء .

وفي حالة قطة شرودينجر هناك تاريخان يتعززان ، واحد منهما تكون

القطة فيه مصابة بالطلقة ، بينما الآخر تبقى فيه حية . وفي ميكانيكا الكم يمكن لكلا الاحتمالين أن يوجدا معا . ولكن بعض الفلاسفة يورطون أنفسهم في المشاكل لأنهم يفترضون ضمناً أنَّ القطة لا يمكن أن يكون لها سوى تاريخ واحد .

وطبيعة الزمان هى مثال آخر لمجال يحدث فيه أن نظرياتنا في الفيزياء تحدد مفهومنا للواقع . وقد كان من المعتاد أن يُعدَّ واضحاً أن الزمان يظل ينساب للأبد ، بصرف النظر عما يحدث ، ولكن نظرية النسبية تولف بين الزمان والمكان وتقول إنهما كلاهما يمكن أن يعوجًا أو يتشوها بواسطة المادة أ والطاقة التي في الكون . وبالتالي فإن إدراكنا لطبيعة الزمان قد تغير من كونه زماناً مستقلاً عن الكون إلى كونه زماناً يتشكل بالكون . ثم أصبح بعدها مما يمكن تصوره أن الزمان قد يكون ببساطة مما لا يعرف قبل نقطة معينة ، وإذا ذهبنا وراًء في الزمان ، فإننا قد نصل إلى حاجز لا يمكن تخطيه ، أي مفردة لا يمكن للمرء أن يذهب إلى ما وراءها . واذا كان الحال هكذا ، فلن يكون هناك أي معنى لأن نسأل عن العلة في حدوث الانفجار الكبير . وقد عرفنا طيلة خمس وعشرين سنة أن نظرية إينشتين للنسبية العامة تتنبأ بأن الزمان يجب أن تكون له بداية في مفردة حدثت منذ خمسة عشر بليون عام ، إلا أن الفلاسفة لم يستوعبوا بعد هذه الفكرة . فهم مازالوا منزعجين بشأن أسس ميكانيكا الكم التي تم إرساؤها منذ خمسة وستين عاما . وهم لايدركون أن حدود الفيزياء قد تحركت بعيدا .

بل والأسوأ من ذلك هو موقفهم من مفهوم الزمان التخيلي الذي طرحنا

فيه أنا وجيم هارتل أن الكون قد لا تكون له بداية أو نهاية . وقد هاجمني أحد فلاسفة العلم هجوما ضاريا لأني تحدثت عن الزمان التخيلي . فقال : كيف لحيلة رياضية مثل الزمان التخيلي أن تكون لها أي علاقة بالكون الواقعي؟ وأعتقد أن هذا الفيلسوف يخلط بين مصطلحين رياضيين تكنيكيين هما الأرقام الواقعية والأرقام التخيلية ، وبين الطريقة التي تستخدم بها كلمتا الواقعي والخيالي في لغة كل يوم . وهذا بالضبط يوضح وجهة نظري : كيف لنا أن نعرف ما يكونه الواقع ، حال كونه مستقلاً عن نظرية أو نموذج نفسره بهما؟

استخدمت أمثلة من النسبية ومن ميكانيكا الكم لأبيّن المشاكل التي يواجهها المرء عندما يحاول أن يفهم معنى الكون . وفي الحقيقة ليس مهماً أن تكون ممن لا يفهمون النسبية وميكانيكا الكم ، أو حتى أن تكون هذه النظريات غير صحيحة . فما آمل أن أكون قد برهنت عليه هنا هو أن هناك نوعاً من طريقة تناول وضعية حيث المرء يعتبر النظرية كنموذج ، وأن هذا التناول هو الطريقة الوحيدة لفهم الكون ، على الأقل عند الفيزيائي النظري . وأنا مفعم بالأمل بأننا سوف نعثر على نموذج متسق يوصف كل شيء في الكون . ولو فعلنا ذلك فإن هذا سيكون انتصاراً حقيقياً للجنس البشري .

هوامش

(١) ألقيت أصلا كحديث لمستمعين من كلية كايوس في مايو ١٩٩٢.

(٢) مذهب بأن الكليات أو المفاهيم المجردة لا وجود لها لا في الواقع ولا في الذهن، فهي مجرد ألفاظ تدل على عدد محدد من الأشياء. والنظريات والقوانين العلمية ليست إلا صيغاً يتواضع عليها. والاسمية تقابل الواقعية والتصورية.

(٣) الذرائعية مذهب برجماتي يرى أن كل التفكير هو أداة للسلوك ووسيلة لتنمية الخبرة والعمل، وما يقرر قيمة الفكرة هو ما لها من فائدة.

(٤) الوضعية مذهب كونت الذي يرى أن الفكر لا يدرك إلا الظواهر الواقعية والمحسوسة وما بينها من علاقات وقوانين. والعلوم التجريبية هي قمة اليقين وبالتالي فلا مجال للبحث عن طبائع الأشياء أو عللها التجريدية.

(٥) الواقعية عموما مذهب يسلم بوجود الحقائق خارجة عن الذهن أو بأن المادة لها وجود حقيقي مستقل عن الإدراك العقلي وهي تقابل المثالية.

تعريفات المذاهب الفلسفية أعلاه أخذت عن المعجم الفلسفي لمجمع اللغة العربية المصري. (المترجم)

(٦) موقف بأن لا وجود لشيء إلا الأنا وحده أو النفس الفردية، أما العالم الخارجي فهو تجليات للنفس ولا وجود مستقل له. (المترجم)

7

هل أوشكنا أن نرى نهاية الفيزياء النظرية؟[1]

أود في هذه الصفحات أن أناقش إمكانية أن يتم التوصل إلى هدف الفيزياء النظرية في مدى من المستقبل ليس بعيدا جدا : هو مثلاً عند نهاية هذا القرن . وما أعنيه هنا أننا ربما سيكون لدينا نظرية موحدة للتفاعلات الفيزيائية هي نظرية كاملة ومتماسكة توصّف كل المشاهدات الممكنة . يجب بالطبع أن يكون المرء حريصاً جداً عند القيام بتنبؤات من هذا النوع : وقد حدث من قبل في مرتين على الأقل أن اعتقدنا أننا على وشك الوصول إلى التركيب النهائي . ففي مستهل هذا القرن كان من المعتقد أنه يمكن فهم أي شي بلغة من ميكانيكا المجال المتصل . وكل ما يحتاجه الأمر هو قياس عدد معين من معاملات المرونة واللزوجة والتوصيل ، الخ . وقد تبدد هذا

الأمل باكتشاف بنيان الذرة ، وميكانيكا الكم . ومرة أخرى في أواخر العشرينات من القرن قال ماكس بورن لجماعة من العلماء يزورون جوتنجن إن «الفيزياء كما نعرفها سينتهي أمرها في ستة شهور» ، وكان هذا بعد زمن وجيز من اكتشاف بول ديراك لمعادلة ديراك التي تحكم مسلك الإلكترون ، وديراك هو واحد ممن شغلوا سابقا كرسي لوكاس للأستاذية ، وكان من المتوقع أن معادلة مماثلة سوف تتحكم في البروتون ، وهو ما كان يفترض أنه الجسيم الأوَّلي الآخر الوحيد في ما يعرف وقتها . على أن اكتشاف النيوترون والقوى النووية قد خيب من هذه الآمال ، وفي الحقيقة فنحن نعرف الآن أن البروتون والنيوترون ليسا جسمين أوليين وإنما يتكون كلٌّ منهما من جسيمات أصغر ، وعلى كل فقد وصلنا في السنوات الأخيرة إلى الكثير من التقدم ، وكما سأصف لكم فإن ثمة أسساً لأن نتفاءل في حذر بأننا قد نرى نظرية كاملة أثناء حياة البعض ممن يقرأون هذه الصفحات .

وحتى لو أمكننا التوصل إلى نظرية موحدة كاملة ، فإننا لن نكون قادرين على القيام بتنبؤات تفصيلية إلا في أبسط المواقف . وكمثال ، فنحن نعرف من قبل القوانين الفيزيائية التي تحكم كل شيء مما نخبره في حياتنا اليومية . وكما وضَّح ديراك ، فإن معادلته هي أساس «معظم الفيزياء ، وكل الكيمياء» . على أننا لم نتمكن من حل المعادلة إلا بالنسبة لمنظومة هي أكثر المنظومات بساطة ، أي ذرة الهيدوجين التي تتكون من بروتون واحد وإلكترون واحد . أما بالنسبة للذرات الأكثر تعقيداً والتي فيها إلكترونات أكثر ، فإن علينا أن نلجأ لتقريبات ولتخمينات حدسية مشكوك في

صحتها ، ناهيك عما يحدث مع الجزئيات حيث فيها أكثر من نواة . أما بالنسبة للمنظومات الكبيرة التي تتألف من ١٠ من الجسيمات أو ما إلى ذلك ، فإن علينا أن نستخدم مناهج إحصائية ، وأن نتخلى عن أي ادعاء بحل المعادلات حلا مضبوطاً . ورغم أننا من حيث المبدأ نعرف تلك المعادلات التي تحكم كل البيولوجيا ، إلا أننا لم نتمكن من تبسيط دراسة السلوك الإنساني ليصبح فرعاً من الرياضيات التطبيقية .

ما الذي نعنيه بنظرية للفيزياء كاملة وموحدة؟ إن محاولتنا لصياغة نموذج للواقع الفيزيائي تتكون طبيعياً من جزئين :-

١- منظومة من القوانين الموضعية تخضع لها الكميات الفيزيائية المختلفة ، وهذه تصاغ عادة بلغة من معادلات متمايزة .

٢- منظومات من ظروف حدّية تنبئنا عن حالة بعض مناطق الكون في وقت معين وما هي التأثيرات التي تنتشر فيها بالتالي من سائر الكون .

وسيزعم أناس كثيرون أن دور العلم مقصور على القسم الأول من هذين القسمين وأن الفيزياء النظرية تكون قد توصلت إلى هدفها عندما نحوز منظومة كاملة من القوانين الفيزيائية الموضعية . وسوف يعتبرون أن مسألة ظروف بداية الكون إنما تنتمي إلى مجال الميتافيزيقا أو الدين . وهذا الموقف يشبه بطريقة ما موقف أولئك الذين كانوا في قرون سابقة يثبّطون البحث العلمي بقولهم إن كل الظواهر الطبيعية هي من صنع الله وينبغي عدم البحث فيها . وأنا أعتقد أن الظروف الابتدائية للكون هي موضوع مناسب للدراسة العلمية والتنظير مثلها مثل قوانين الفيزياء الموضعية ، ولن

تكون لدينا نظرية كاملة إلا إذا أمكننا أن نفعل ما هو أكثر من مجرد القول بأن «الأشياء تكون على ما هى عليه» .

ومسألة تفرُّد الظروف الابتدائية هى علاقة وثيقة بمسألة تعسفية قوانين الفيزياء الموضعية : فالمرء لا يعتبر أن نظرية قد اكتملت إذا كانت تحوي عدداً من المعلمات القابلة للتعديل مثل الكتل أو ثوابت التقارن التي يمكن أن يعطي لها المرء أي قيمة يحبها . والحقيقة أنه يبدو أن الظروف الابتدائية هى وقيم المعلمات التي في النظرية ليست تعسفية وإنما قد تم اختيارها والتقاطها على نحو ما بحرص بالغ . وكمثال فلو أن الاختلاف بين كتلة البروتون - النيوترون كان لا يقرب من مثليْ كتلة الإلكترون لما حصلنا على المائتي نيوكليد[٢] المستقرة ، أو العدد الذي يقرب ذلك من النيوكليدات المستقرة التي تصنع العناصر والتي هى أساس الكيمياء والبيولوجيا . وبالمثل ، فلو كانت الكتلة الجذبوية للبروتون مختلفة عما هي عليه اختلافاً ذا دلالة ، لما كانت لدينا النجوم التي يمكن أن يتم فيها بناء هذه النيوكليدات ، ولو كان تمدد الكون في البداية أقل هوناً أو أكبر هوناً ، فإن الكون إما أنه كان سيتقلص قبل إمكان نشأة هذه النجوم وإما أنه كان سيتمدد بسرعة جد كبيرة حتى أن النجوم لن تتكون قط بالتكثيف بالجاذبية .

وفي الحقيقة فإن بعض الناس قد ذهبوا بالأمر بعيداً إلى حد الارتفاع بهذه القيود التي على الظروف الابتدائية والمعلمات ، بما يصل بها إلى وضع المبدأ ، هو المبدأ الإنساني ، الذي يمكن صياغته كالتالي «الأشياء موجودة بما هي عليه لأننا موجودون» . وحسب إحدى صور هذا المبدأ ، فإن هناك عدداً

كبير جداً من أكوان مختلفة منفصلة ، بها اختلاف في قيم المعلمات الفيزيائية كما تختلف في الظروف الابتدائية ، ومعظم هذه الأكوان لن تتوفر فيها الظروف الملائمة لنشأة البنيانات المعقدة اللازمة للحياة الذكية ، ولن يكون هناك إلا عدد صغير من الأكوان ، تكون الظروف والمعلمات فيها مماثلة لما في كوننا نحن ، بحيث يمكن أن تنشأ حياة ذكية يمكنها طرح السؤال «لماذا يكون الكون كما نرصده؟» والإجابة عن هذا السؤال هي بالطبع أنه لو كان الكون على غير ما هو عليه ، لما كان هناك أي واحد ليسأل هذا السؤال .

والمبدأ الإنساني يوفر فعلاً نوعا من التفسير للكثير من العلاقات العددية الرائعة التي لوحظت بين قيم مختلف المعلمات الفيزيائية . على أنه ليس مما يرضى على الوجه الأكمل ، فالمرء لا يتمالك أن يشعر بأن هناك تفسيراً ما أعمق . كما أن هذا المبدأ لا يستطيع تفسير كل مناطق الكون . وكمثل ، فإن نظامنا الشمسي هو يقينا مطلب مسبق لوجودنا ، مثله في ذلك مثل وجود جيل أحدث من النجوم المجاورة حيث من الممكن تكوين العناصر الثقيلة بالتخليف النووي . بل ولعل الأمر أن وجود مجرتنا كلها هو من المطلوب . ولكن ليس من ضرورة ظاهرة لوجود المجرات الأخرى ، دع عنك ما نراه من وجود مليون مليون مجرة أو مايقرب ، تتوزع في شبه اتساق خلال كل الكون الممكن رصده . وتجانس الكون هكذا بالمقاييس الكبيرة يجعل من الصعب جدا أن نعتقد بأن بنيان الكون قد تحدد بواسطة شيء ما موجود في أقصى أطرافه هو بعض تشكيلات من جزئيات معقدة على كوكب صغير

يدور من حول نجم من مستوى جد متوسط وذلك في الأطراف الخارجية لمجرة لولبية نمطية إلى حد ما .

واذا كنا لن نلجأ إلى استدعاء المبدأ الإنساني فإننا نحتاج إلى نظرية ما موحدة لتفسير الظروف الابتدائية للكون هي وقيم شتى المعلمات الفيزيائية . على أن من الصعب جدا استنباط نظرية كاملة عن كل شيء ، كلها في دفعة واحدة (وإن كان يبدو أن هذا لا يقف في سبيل بعض الناس ، فأنا يصلني في كل أسبوع في بريدي نظريتان أو ثلاث نظريات موحدة) . والذي نفعله بدلاً من ذلك هو أن نبحث عن نظريات جزئية توصّف مواقف يمكن فيها تجاهل تفاعلات معينة أو تقريبها بطريقة مبسطة . فنحن أولا نقسم المحتوى المادي للكون إلى قسمين : جسيمات «المادة» مثل الكواركات والإلكترونات والميونات ، الخ ، ثم «التفاعلات» مثل الجاذبية والكهرومغناطيسية ، الخ . وجسيمات المادة يتم توصيفها بمجالات من لفّ يصل إلى نصف عدد صحيح من اللفات وهي تخضع لمبدأ باولي للاستبعاد ، الذي يمنع أن يكون هناك أكثر من جسيم واحد من نوع معين في نفس الحالة . وهذا هو السبب في أنه يمكن أن يكون لدينا أجسام صلبة لا تتقلص إلى نقطة أو لا تشع إلى مالا نهاية . والجسيمات الأساسية للمادة تنقسم إلى مجموعتين ، الهدرونات التي تتكون من الكواركات ، واللبتونات التي تشمل ماتبقى .

والتفاعلات تقسم ظواهرياً إلى أربعة صنوف ، وهي حسب ترتيب قوتها : القوى النووي القوية التي تتفاعل فحسب مع الهدرونات ، والقوة

الكهرومغناطيسية التي تتفاعل مع الهدرونات واللبتونات المشحونة ، والقوى النووية الضعيفة التي تتفاعل مع كل الهدرونات واللبتونات ، وأخيراً الجاذبية وهى إلى حد بعيد أضعف هذه القوى ، وتتفاعل مع كل شئ . والتفاعلات تمثلها مجالات من لف بعدد صحيح من اللفات ولا تخضع لمبدأ باولى للاستبعاد ، وهذا يعني أنه يمكن أن يكون فيها عدد كبير من الجسيمات التي في نفس الحالة . وفي حالة القوة الكهرومغناطيسية هى والجاذبية تكون التفاعلات أيضا ذات مدى بعيد ، بما يعني أن المجالات الناجمة عن عدد كبير من سيمات المادة يمكن أن تتضايف كلها لتعطي مجالاً يمكن الكشف عنه بمقاس كبير (ماكروسكوبي) . ولهذه الأسباب ، فإن هاتين القوتين كانتا أولى القوى التي نشأت لها نظريات : نظرية الجاذبية لنيوتن في القرن السابع عشر والنظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل في القرن التاسع عشر . على أن هذه النظريات كانت أساساً غير متوافقة ، لأن النظرية النيوتونية ثابتة لا تتغير إذا أعطى للنظام كله أي عجلة متسقة ، في حين أن نظرية ماكسويل تحدد عجلة مفضلة ، هى سرعة الضوء . وفي النهاية ثبت أن نظرية نيوتن هى التي يجب أن تعدل لتصبح متوافقة مع خواص اللا تغير في نظرية ماكسويل ، وقد تم التوصل إلى ذلك بواسطة النسبية العامة لإينشتين والتي تمت صياغتها في ١٩١٥ .

ونظرية النسبية العامة للجاذبية هى ونظرية ماكسويل للديناميات الكهربية تنتميان إلى ما يسمى بالنظريات الكلاسيكية ، بمعنى أنهما يشملان كميات تتغير باستمرار ، ويمكن من حيث المبدأ على الأقل ، أن يتم قياسها

بدقة تعسفية . على أنه تثور مشكلة عندما يحاول المرء استخدام هذه النظريات لإنشاء نموذج للذرة . فقد اكتشف أن الذرة تتكون من نواة صغيرة مشحونة موجبة ويحيط بها سحابة من إلكترونات ذات شحنة سالبة . وكان من الطبيعي أن يفترض ان الالكترونات تدور في مدار حول النواة مثل دوران الأرض في مدار حول الشمس . إلا أن النظرية الكلاسيكية تنبأت بأن الالكترونات ستشع موجات كهرومغناطيسية ، وهذه الموجات ستحمّل الطاقة بعداً بما يسبب أن تهوي الإلكترونات لولبياً إلى داخل النواة ، بما ينتج عنه انهيار الذرة .

وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بما لا يشك في أنه أعظم إنجاز في الفيزياء النظرية في هذا القرن : وهو اكتشاف ميكانيكا الكم . والفرض الأساسي في هذه النظرية هو مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ، والذي يقرر أن أزواجاً معينة من الكميات ، مثل موضع وعزم أحد الجسيمات ، هي مما لا يمكن قياسه في نفس الوقت بدقة تعسفية . وفي حالة الذرة ، فإن هذا يعني أن الالكترون وهو في حالة أدنى طاقة لا يمكن أن يكون ساكناً في النواة ، لأنه في هذه الحالة سيكون موضعه محدداً بالضبط (عند النواة) وسرعته محددة بالضبط (فهي صفر) . وبدلاً من ذلك فإنه يجب أن يُبسط كلاً من الموضع والسرعة حسب بعض توزيع احتمالي حول النواة ، وفي هذه الحالة فإن الإلكترون لا يمكنه إشعاع الطاقة في شكل موجات كهرومغناطيسية لأنه لن يكون له حالة من أدنى طاقة يصل إليها .

وقد تم في العشرينات والثلاثينيات من هذا القرن تطبيق ميكانيكا الكم

بنجاح عظيم على منظومات من مثل الذرات أو الجزيئات التي لها فحسب عدد محدود من درجات الحرية . إلا أنه قد نشأت المصاعب عندما حاول الناس تطبيقها على المجال الكهرومغناطيسي ، حيث هناك عدد لا نهائي من درجات الحرية ، هو على وجه التقريب اثنتان لكل نقطة في الزمان- المكان . ويمكن للمرء أن ينظر إلى درجات الحرية هذه على أنها متذبذبات لكل منها وضعه وعزمه الخاصّان به ، ولا يمكن للمتذبذبات أن تكون في سكون لأنها عند ذاك سيكون لها موضع وعزم محددان بالضبط . وبدلاً من ذلك ، فإن كل متذبذب يجب أن يكون له قدر أدنى معين مما يسمى تراوحات نقطة الصفر ، وله طاقة من لا صفر . وطاقات كل العدد اللانهائي من درجات الحرية ينتج عنها أن تصبح الكتلة والشحنة الظاهرة للإلكترون لا نهائيتين .

وقد تم انتشار طريقة تسمى إعادة التطبيع للتغلب على هذه الصعوبة في أواخر الأربعينيات . وهى تتألف مما هو تقريبا عملية طرح (حسابي) تعسفي لكميات معينة لا متناهية ليكون المتبقي كميات متناهية . وفي حالة الديناميات الكهربية ، كان من الضروري القيام بعمليتين من عمليات طرح اللامتناهيات هذه ، إحداهما لكتلة الإلكترون والأخرى لشحنته . وطريقة إعادة التطبيع هذه لم توضع قط على أساس رياضي أو عقلي جد متماسك ، ولكنها عند التطبيق كانت صالحة تماماً للعمل ، وكان نجاحها العظيم هو التنبؤ بإزاحة صغيرة ، هي إزاحة لامب ، التي تحدث في بعض الخطوط في طيف ذرة الهيدروجين . على أنها لا تعد طريقة مرضية تماما من

وجهة نظر محاولة إنشاء نظرية كاملة ، لأنها لا تعطي أي تنبؤات عن قيمة البواقي المتناهية التي تتبقى بعد عمليات طرح اللامتناهي . وهكذا يكون علينا أن نعود ثانية إلى المبدأ الإنساني لتفسير السبب في أن الإلكترون له الكتلة والشحنة اللتان له .

وأثناء الخمسينيات والستينيات كان من المعتقد عموماً أن القوى النووية الضعيفة والقوية لا يمكن إعادة تطبيعها ، بمعنى أنهما تتطلبان عدداً لا متناهيا من عمليات طرح اللامتناهيات لجعلهما متناهيتين ، وسيكون هناك عدد لا متناه من البواقي المتناهية التي لم تتحدد بالنظرية . ونظرية كهذه لن تكون لها القدرة على التنبؤ لأن المرء لا يستطيع أبداً قياس كل العدد اللامتناهي من المعلمات . على أن جيرار هوفت بيّن في ١٩٧١ أن أحد النماذج الموحدة لتفاعلات القوى الكهرومغناطيسية والضعيفة والذي كان قد طرحه من قبل عبدالسلام وستيفن واينبرج هو حقاً نموذج يمكن إعادة تطبيعه بعدد متناه فحسب من عمليات طرح اللامتناهي .

وحسب نظرية سلام- واينبرج فإن الفوتون ، ذلك الجسيم من لف- ١ الذي يحمل التفاعل الكهرومغناطيسي ، ينضم اليه ثلاثة زملاء آخرين من لف- ١ تسمى W^+ وW^- وZ^0 . وعند الطاقات العالية جداً يتم التنبؤ بأن هذه الجسيمات الأربعة تسلك كلها بنفس الطريقة . أما عند الطاقات الأكثر انخفاضا فإن الظاهرة التي تسمى كسر السمترية التلقائي تستخدم لتفسير حقيقة أن الفوتون له كتلة سكون من صفر ، بينما يكون دابليو[٢](W^+) ودابليو (W^-) وزد صفر-(Z^0)كلها ذات كتلة كبيرة جدا . وتنبؤات هذه

النظرية عند الطاقة المنخفضة تتفق جيدا على نحو رائع مع المشاهدات ، وقد أدى هذا بالأكاديمية السويدية إلى منح جائزة نوبل في ١٩٧٩ لسلام وواينبرج وشلدون جلاشو الذي أنشأ هو أيضا نظريات موحدة مماثلة . على أن جلاشو نفسه ذكر أن لجنة نوبل في الحقيقة كانت بذلك تغامر تقريبا بمقامرة ، لأننا ليس لدينا بعد معجلات جسيمات ذات طاقة عالية بما يكفي لاختبار النظرية عند النظام الذي يحدث فيه فعلاً التوحيد بين القوى الكهرومغناطيسية التي يحملها الفوتون ، والقوى الضعيفة التي تحملها جسيمات W^+ وW^- وZ^0 . والمعجلات التي لها قوة كافية لذلك ستكون مهيأة خلال سنوات معدودة . ومعظم الفيزيائيين على ثقة من أنها ستثبت نظرية سلام- واينبرج[٤] .

أدى نجاح نظرية سلام- واينبرج إلى البحث عن نظرية مماثلة لإعادة تطبيع تفاعلات القوة القوية ، وقد تبين في مرحلة مبكرة نوعاً من هذا البحث أن البروتون هو الهدرونات الأخرى مثل الباي ميزون لا يمكن أن تكون حقاً جسيمات أولية ، وإنما يجب أن تكون حالات من اتحاد لجسيمات أخرى سميت الكواركات . ويبدو أن لهذه الجسيمات خاصية عجيبة ، هي أنها وإن كانت تستطيع الحركة بحرّية إلى حد ما داخل الهدرون ، إلا أنه يبدو أن من المستحيل الحصول على كوارك واحد فحسب مستقل بذاته ، فهي تكون دائماً في مجموعات من ثلاثة (كما في البروتون أو النيوترون) أو تكون في أزواج تتكون من كوارك ومضاد كوارك (مثل الباي ميزون) . ولتفسير ذلك ، أُضفي على الكواركات خاصّةٌ تسمى اللون . ويجب

التأكيد هنا على أن هذا ليس له علاقة بإحساسنا الطبيعي بالضوء ، فالكواركات أصغر جدا من أن ترى بالضوء المرئي . فهذا مجرد اسم مناسب . والفكرة هي أن الكواركات تكون في ثلاثة ألوان- أحمر وأخضر وأزرق- إلا أن كل حالة وحدها من حالات اتحادها كهدرون مثلاً ، ينبغي أن تكون غير ملونة ، فهي إما أن تكون توليفة من الأحمر والأخضر والأزرق كما في البروتون ، أو مزيجاً من الأحمر ومضاد الأحمر ، والأخضر ومضاد الأخضر ، والأزرق ومضاد الأزرق كما في الباي ميزون .

والتفاعلات القوية ما بين الكواركات يفترض أنها محمولة بجسيمات من لف-١ تسمى جلونات ، وهى تشبه نوعاً الجسيمات التي تحمل التفاعل الضعيف . والجلونات أيضا تحمل لونا ، وهي والكواركات تخضع لنظرية إعادة تطبيع تسمى الديناميات اللونية الكمية-Quan-tam chromodynamics أو هى ما يختصر إلى QCD . وإحدى نتائج عملية إعادة التطبيع أن ثابت التقارن الفعال للنظرية يعتمد على الطاقة التي يقاس عندها وينخفض إلى الصفر عند الطاقات العالية جدا . وهذه الظاهرة تعرف بالحرية التقريبية . ويعني هذا أن الكوركات التي في داخل أحد الهدرونات تسلك تقريبا مثل جسيمات حرة في تصادمات الطاقة العالية ، بحيث أن تفاعلاتها يمكن تناولها بنجاح باستخدام نظرية الاضطراب Pertur-bation . وتنبؤات نظرية الاضطراب تتفق كيفياً اتفاقا معقولاً مع المشاهدات ، ولكن المرء لا يستطيع حقا أن يزعم أن النظرية قد تم التحقق منها تجريبيا . وعند الطاقات المنخفضة يصبح ثابت التقارن الفعال كبيراً جداً

وتنهار نظرية الاضطراب . ومن المأمول أن هذه «العبودية تحت الحمراء» سوف تفسر لماذا تكون الكواركات دائما مقيدة في حالات اتحاد لا لون لها ، ولكن حتى الآن لم يتمكن أحد من البرهنة على ذلك بما هو مقنع حقا .

وبالوصول إلى نظرية إعادة تطبيع للتفاعلات القوية ونظرية أخرى للتفاعلات الضعيفة مع الكهرومغناطيسية ، كان من الطبيعي أن يبدأ البحث عن نظرية تجمع النظريتين معا ، وقد أُعطيت النظريات التي من هذا النوع عنواناً فيه بعض مبالغة ، هو النظريات الموحدة الكبرى Grand Unified Theories(GUTs) . وهذا فيه ما يضلل نوعاً لأن هذه النظريات لا هي بالكبرى على هذا النحو ولا هي موحدة توحيداً كاملاً ، بل ولا هي نظريات كاملة حيث أنَّ لها عدداً من معلمات إعادة التطبيع غير المتحددة مثل ثوابت التقارن والكتل . ومع ذلك فإنها قد تكون خطوة ذات دلالة نحو نظرية موحدة كاملة . والفكرة الأساسية هي أن ثابت التقارن الفعال للتفاعلات القوية ، والذي يكون كبيراً عند الطاقات المنخفضة ، لا يلبث أن يتناقص تدريجياً عند الطاقة العالية بسبب الحرية التقريبية . ومن الناحية الأخرى ، فإن ثابت التقارن الفعال لنظرية سلام- واينبرج ، والذي يكون صغيراً عند الطاقات المنخفضة ، لا يلبث أن يتزايد تدريجياً عند الطاقة العالية لأن هذه النظرية ليست ذات حرية تقريبية . وإذا قمنا بعملية استقراء لمعدل زيادة ونقص ثابتي التقارن بالطاقة المنخفضة ، سنجد أن ثابتيْ التقارن يصبحان متساويين عند طاقة تبلغ حوالي 10^{15} جي في . (جي في تعني بليون إلكترون فولت) . وهذا يقرب من الطاقة التي تنطلق لو أمكن تحويل ذرة

هيدورجين بالكامل إلى طاقة . وبالمقارنة ، فإن الطاقة التي تنطلق في التفاعلات الكيماوية مثل الاحتراق هي في حدود إلكترون فولت واحد لكل ذرة . وتفترض النظريات أنه عند الطاقة الأعلى من ذلك تتوحد التفاعات القوية مع التفاعلات الضعيفة والكهرومغناطيسية ، أما عند الطاقة الأقل فإنه يكون هناك كسر تلقائي للسمترية .

والطاقة التي بقدر $١٠^{١٥}$ جى في هي كبيرة تماما بما يتجاوز نطاق أي تجربة معملية ، فالجيل الحالي من معجلات الجسيمات يستطيع أن ينتج طاقات مركز- كتلة تقرب من ١٠ جي في ، والجيل التالي سينتج طاقات من ١٠٠ جي في أو مايقرب . وهذا يكفي فقط لاستقصاء مدى الطاقة الذي ينبغي أن تتوحد فيه القوى الكهروومغناطيسية مع القوى الضعيفة حسب نظرية سلام- واينبرج ، ولكنه لا يكفي لاستقصاء الطاقة العالية الهائلة التي يُتنبأ بأن تفاعلات القوى الضعيفة والكهرمغناطيسية تتوحد عندها مع التفاعلات القوية . ومع ذلك ، فثمة تنبؤات ممكنة للنظريات الموحدة الكبرى عند الطاقة المنخفضة يمكن اختبارها في المعمل . وكمثال ، تتنبأ النظريات بأن البروتون ينبغي ألا يكون مستقرا بالكامل . وإنما يجب أن يضمحل بمدى حياة يصل إلى قرابة $١٠^{٣١}$ من الأعوام . وحاليا ، فإن الحد التجريبي الأدنى بالنسبة لمدى الحياة هو مايقرب $١٠^{٣٠}$ من الأعوام ، ومن الممكن في ما ينبغي أن يتم تحسين ذلك .

وهناك تنبؤ آخر قابل للرصد وهو يختص بنسبة الباريونات إلى الفوتونات في الكون . وقوانين الطبيعة يبدو أنها تكون هي نفسها سواء

بالنسبة للجسيمات أو مضادات الجسيمات . أو بصورة أدق ، فإنها تكون هى نفسها لو وضعنا مكان الجسيمات ، ووضعنا ما على الجانب الأيسر مكان ما على الجانب الأيمن ، وعكسنا سرعات كل الجسيمات . ويعرف هذا بنظرية CPT ، وهي نظرية تترتب على فروض أساسية ينبغي أن تصح في أي نظرية معقولة . إلا أن الأرض ، بل وكل النظام الشمسي ، مصنوعان من بروتونات ونيوترونات بدون أي من مضادات للبروتونات أو مضادات النيوترونات . والحقيقة أن عدم التوازن هكذا بين الجسيمات ومضادات الجسيمات إنما هو شرط بديهي آخر لوجودنا ، ذلك أنه لو كان النظام الشمسي يتألف من خليط متساو من الجسيمات ، فإنها كلها سيبيد أحدها الآخر مخلفة إشعاعاً فحسب . ويمكننا أن نستنتج مما نلحظه من غياب إشعاع إبادة كهذا أن مجرتنا مصنوعة بالكلية من جسيمات وليس مضادات جسيمات . وليس لدينا أي دليل مباشر عن حالة المجرات الأخرى ، ولكن يبدو أن من المحتمل أنها تتألف من جسيمات وأنه يوجد في الكون ككل عدد من الجسيمات يفوق عدد مضادات الجسيمات بما يقرب من جسيم لكل ١٠^٨ من الفوتونات . ويمكن للمرء أن يحاول تفسير ذلك بالاستشهاد بالمبدأ الإنساني ، على أن النظريات الموحدة الكبرى توفر بالفعل آلية ممكنة لتفسير عدم التوازن هذا . ورغم أن أنه يبدو أن كل التفاعلات تكون ثابتة في توليفة من C (وضع مضادات الجسيمات مكان الجسيمات) ، و P (تبديل ما في الجانب الأيمن بما في الجانب الأيسر) ، و T (أن يُعكس اتجاه الزمان) ، إلا أنه ما زالت هناك تفاعلات معروف أنها ليست ثابتة في T

وحدها . وفي الكون المبكر الذي يكون فيه سهم زمان جد ملحوظ بسبب التمدد ، يمكن لهذه التفاعلات أن تنتج جسيمات أكثر من مضادات الجسيمات . إلا أن العدد الذي تنتجه يعتمد بالكلية على النموذج المستخدم بحيث أن الاتفاق مع المشاهدات يكاد لا يكون فيه أي إثبات للنظريات الموحدة الكبرى .

وحتى الآن فإن معظم الجهود قد كرست لتوحيد الصنوف الثلاثة الأولى من التفاعلات الفيزيائية ، أي القوى النووية القوية والضعيفة هي والكهرومغناطيسية ، أما القوة الرابعة والأخيرة ، أي الجاذبية ، فقد تم إهمالها . وأحد مبررات ذلك هو أن الجاذبية على درجة من الضعف بحيث أن تأثيرات الكم الجذبوية لا تكون كبيرة إلا عند طاقات للجسيمات تتجاوز كثيرا تلك التي في أي معجل للجسيمات . وهناك مبرر آخر هو أن الجاذبية لا تبدو قابلة للتطبيع ، فحتى يمكن الحصول على اجابات متناهية ، يبدو أنه يجب على المرء أن يجري عددا لا متناهيا من عمليات الطرح اللامتناهي مع ما يناظر ذلك من عدد لا متناه من بواقي طرح متناهية غير محددة . ومع ذلك فإنه للحصول على نظرية موحدة كاملة لابد للمرء من أن يضمّن فيها الجاذبية . وفوق ذلك فإن نظرية النسبية العامة الكلاسيكية تتنبأ بأنه ينبغي أن يكون هناك مفردات للمكان– الزمان يكون مجال الجاذبية عندها قوياً قوة لا متناهية . وهذه المفردات حدثت في الماضي عند بداية التمدد الحالي للكون (الانفجار الكبير) ، وتحدث في المستقبل عند تقلص النجوم جذبويا ، وربما تقلص الكون نفسه جذبويا . وفي ما يفترض فإن التنبوء

بالمفردات يدل على أن النظرية الكلاسيكية مآلها إلى الانهيار . على أنه يبدو أنه لا يوجد أي سبب لانهيارها قبل أن يصبح مجال الجاذبية قوياً قوةً كافية بحيث تكون تأثيرات الكم الجذبوية أمرا له أهميته . وهكذا فإن نظرية كم للجاذبية هي أمر ضروري إذا كان علينا أن نوصف الكون المبكر ثم نعطي بعض تفسير للظروف الابتدائية بما يتجاوز مجرد استدعاء المبدأ الإنساني .

ونظرية كهذه مطلوبة أيضا إذا كان علينا أن نجيب عن السؤال التالي : هل للزمان حقاً بداية وهل له فيما يحتمل أيضا نهاية ، كما تتنبأ به النسبية العامة الكلاسيكية ، أم أن المفردات في الانفجار الكبير والانسحاق الكبير قد بُسطت على نحو ما بتأثيرات من الكم؟ وهذا سؤال أصعب من أن يعطي له معنى محدد تحديداً جيداً ، بينما ذات بنياني المكاني والزمان نفسيهما هما عرضة لمبدأ عدم اليقين . وإحساسي الخاص هو أن المفردات في ما يحتمل مازالت موجودة ، وإن كان المرء يستطيع أن يواصل العودة في الزمان بما يتجاوزها بمعنى ما رياضيا . وعلى كل فإن أي مفهوم ذاتي للزمان يتعلق بالوعي أو القدرة على إجراء قياسات مآله إلى انتهاء .

ماذا نتوقع أن يترتب على الحصول على نظرية كم للجاذبية وعلى توحيدها مع صنوف التفاعلات الثلاثة الأخرى؟ يبدو أن أفضل ما نأمله يكمن في توسيع النسبية العامة إلى ما يسمى بالجاذبية الفائقة . وفي هذه النظرية فإن الجرافيتون ، وهو جسيم من لف -٢ ، والذي يحمل التفاعل الجذبوي ، يكون على علاقة بعدد من المجالات الأخرى ذات اللف الأصغر ، وذلك عن طريق ما يسمى تحولات السمترية الفائقة . وهذه

النظرية لها جدارتها الكبرى في أنها تتخلص من ثنائية الانقسام القديمة بين «المادة» التي تمثلها جسيمات من لف نصف كامل ، و«التفاعلات» التي تمثلها جسيمات من لف كامل . وهى أيضا ذات مزية عظيمة في أن الكثير من اللامتناهيات التي تنشأ عن نظرية الكم يلغي أحدها الآخر في هذه النظرية . ولا يُعرف بعد هل ستلغى كلها بحيث تنتج نظرية متناهية دون أي عمليات لطرح اللامتناهيات ، أم أن ذلك لا يحدث . ومن المأمول أن يحدث ذلك لأن من الممكن إظهار أن النظريات التي تتضمن الجاذبية هي إما متناهية أو غير قابلة للتطبيع ، بمعنى أنه لو كان على المرء أن يجري أي عمليات لطرح اللامتناهيات ، فسيكون عليه أن يجري منها عدداً لامتناهياً مع ما يناظر ذلك من عدد لا متناهٍ من بواقي الطرح غير المحددة . وهكذا ، لو ثبت في النهاية أن كل لا متناهيات الجاذبية الفائقة يلغي أحدها الآخر ، فإنه يمكن أن يصبح لدينا نظرية لا تقتصر على أن توحد بالكامل كل جسيمات وتفاعلات المادة ، وإنما أيضا هي نظرية كاملة بمعنى أن ليس فيها أي من معلمات إعادة التطبيع غير المحددة .

ورغم أنه ليس لدينا بعد نظرية كمّ ملائمة للجاذبية ، دع عنك أن يكون لدينا نظرية توحدها مع التفاعلات الفيزيائية الأخرى ، إلا أننا لدينا فكرة من بعض الملامح التي ينبغي أن تكون في هذه النظرية . وأحد هذه الملامح مرتبط بحقيقة أن الجاذبية تؤثر في بنيان السببية للمكان- الزمان ، بمعنى أن الجاذبية تحدد أي الأحداث يمكن أن تكون على علاقة سببية أحدها بالآخر . وكمثل لهذا في نظرية النسبية العامة الكلاسيكية ، المثل الذي يمدنا به الثقب

الأسود ، وهو منطقة من المكان- الزمان حيث مجال الجاذبية جد قوي حتى أن أي ضوء أو إشارة أخرى يُشد وراءً لداخل المنطقة ولا يستطيع الهروب إلى العالم الخارجي . ومجال الجاذبية المكثف بالقرب من الثقب الأسود يسبب خلقَ أزواجٍ من الجسيمات ومضادات الجسيمات ، ويهوي واحد منها لداخل الثقب الأسود بينما يفر الآخر إلى المالانهاية ، والجسيم الذي يفر يبدو وكأنه قد تم بثه بواسطة الثقب الأسود . وإذا كان هناك راصد على مسافة من الثقب الأسود فإنه سيتمكن فقط من قياس الجسيمات المنطلقة للخارج ، ولا يستطيع الربط بينها وبين الجسيمات التي هوت في داخل الثقب لأنه لا يستطيع رصدها . ويعني هذا أن الجسيمات المنطلقة للخارج لها درجة إضافية من العشوائية أو عدم قابلية التنبؤ ، بما يتجاوز ويفوق الدرجة التي تصاحب عادة مبدأ عدم اليقين . وفي الأوضاع الطبيعية يتضمن مبدأ عدم اليقين أن المرء يستطيع أن يتنبأ على وجه التحديد «إما» بموضع الجسيم «أو» بسرعته «أو» بتوليفة من الموضع والسرعة . وبالتالي فإن قدرة المرء على القيام بتنبؤات محددة تهبط على وجه التقريب للنصف إلا أنه في حالة الجسيمات التي يبثها الثقب الأسود ، فإن حقيقة أننا لا نستطيع رصد ما يجري في الداخل من الثقب الأسود تعني أننا لا نستطيع التنبؤ «لا» بمواضع و «لا» بسرعات الجسيمات التي تُبث ، وكل ما يمكن أن نعطيه هو احتمالات عن أن الجسيمات سيتم بثها بأساليب معينة .

وإذن ، فإنه يبدو أننا حتى لو وجدنا نظرية موحدة ، فربما سيمكننا فحسب أن نقوم بتنبؤات إحصائية . وسيكون علينا أيضا أن ننبذ الرأي بأن

هناك كوناً وحيداً هو الذي نرصده . وبدلاً من ذلك ، سيكون علينا أن نتخذ صورة يوجد فيها تجمع من كل أنواع الأكوان الممكنة مع بعض توزيع للاحتمالات . وقد يفسر هذا السبب في أن الكون قد بدأ في الانفجار الكبير وهو تقريباً في اتزان حراري كامل ، ذلك أن الاتزان الحراري يناظره وجود أكبر عدد من التشكيلات الميكروسكوبية وبالتالي أكبر عدد من الاحتمالات . وفي ترديد لما قاله بانجلوس ، فيلسوف فولتير «فإننا نعيش في عالم هو الأكثر احتمالاً من بين كل العوالم الممكنة» .

ماهى التوقعات في ما يتعلق بعثورنا على نظرية موحدة كاملة في مستقبل ليس بالبعيد جداً؟ في كل مرة نوسع فيها مشاهداتنا عن الأشياء ذات المقاس الأصغر والطاقة الأكبر ، فإننا نكتشف طبقات جيدة من البنيان . ففي بداية القرن ، بيّن لنا اكتشاف الحركة البراونية[٤] مع جسيم طاقة نموذجي من ٣×١٠^{-٢} الكترون فولت ، أن المادة ليست متصلة ولكنها مصنوعة من ذرات . وبعد هذا بزمن وجيز ، تم اكتشاف أن هذه الذرات التي كان يفترض عدم قابليتها للانقسام إنما هي مصنوعة من الكترونات تدور من حول نواة بطاقات تقدر بعدد معدود من وحدات الإلكترون فولت ، ثم وجد أن النواة بدورها تتألف مما زعم أنه جسيمات أولية ، هي البروتونات والنيوترونات ، التي تتماسك معا بروابط نووية تقدر بـ $١٠^{٦}$ إلكترون فولت . وآخر حدث في هذه القصة هو أننا قد وجدنا أن البروتون والنيوترون مصنوعان من كواركات تتماسك معاً بروابط تقدر بـ $١٠^{٩}$ الكترون فولت . وكضريبة عن مدى ما تقدمنا به فعلا في الفيزياء النظرية

أصبح الأمر يتطلب الآن ماكينات هائلة وقدراً عظيماً من المال لأداء تجربة لا يمكننا التنبؤ بنتائجها .

قد يكون من خبرتنا الماضية ما يطرح أن هناك تعاقباً لا نهائياً من طبقات البنيان عند الطاقات الأعلى والأعلى . والحقيقة أن نظرة كهذه عن ارتداد لا ينتهي من صناديق توجد من داخل صناديق كان هو الدوجما الرسمية في الصين تحت حكم عصابة الأربعة . على أنه يبدو أن الجاذبية ينبغي أن تمد بحد لذلك ، ولكن هذا لا يكون إلا عند مقياس طول صغير جداً هو $١٠^{-٣٣}$ من السنتيمتر أو عند طاقة عالية جدا من $١٠^{٢٨}$ إلكترون فولت . أما عند مقاييس الأطوال الأصغر من ذلك ، فإن المرء يتوقع أن يتوقف المكان- الزمان عن السلوك كمتصل سلس وأنه سيكتسب بنية تشبه الزَّبد بسبب التراوحات الكمية لمجال الجاذبية .

وهناك منطقة كبيرة جدا لم يتم استكشافها ، هى ما بين الحد التجريبي الحالي عندنا ، وهو ما يقرب من $١٠^{١١}$ الكترون فولت ، وبين توقف الجاذبيةعن العمل عند ٢٨ إلكترون فولت . وقد يبدو من السذاجة أن نفترض ، بمثل ما تفترضه النظريات الموحدة الكبرى ، أن هناك فحسب طبقة أو طبقتين من البنيان في هذه الفترة الفاصلة الهائلة . على أن هناك أسساً للتفاؤل . فيبدو في هذه اللحظة على الأقل أنه يمكن توحيد الجاذبية مع التفاعلات الفيزيائية الأخرى ولكن هذا يتم فقط في نظرية ما من الجاذبية الفائقة . ويبدو أن هناك فقط عددا محددا من مثل هذه النظريات .

وهناك بالذات أكبر نظرية من هذا النوع ، وهي ما يسمى ن (N)=٨ من الجاذبية الفائقة الموسعة . وهي تحوي جرافيتوناً واحداً ، وثمانية جسيمات تدعي جرافيتونو من لف -٣/ ٢ ، وثمانية وعشرين جسيما من لف - ١ ، وستة وخمسين جسيماً من لف - ١/ ٢ ، وسبعين جسيما من لف صفر . ورغم كبر هذه الأرقام إلا أنها ليست كبيرة بما يكفي لتفسير كل الجسيمات التي يبدو أننا نرصدها في التفاعلات القوية والضعيفة . وكمثل فإن نظرية ن=٨ فيها ثمانية وعشرون جسيماً من لف - ١ . وهذه كافية لتغير الجلونات التي تحمل التفاعلات القوية ، ولتفسير جسيمين من الجسيمات الأربعة التي تحمل القوة الضعيفة ، ولكنها لا تفسر الجسيمين الآخرين منها . وبالتالي ، فإن على المرء أن يؤمن بأن كثيراً من الجسيمات المرصودة أو أغلب هذه الجسيمات من مثل الجلونات والكواركات ، هي ليست في الحقيقة جسيمات أولية كما تبدو في وقتنا هذا ، وإنما هي حالات من اتحاد للجسيمات الأساسية لنظرية ن=٨ . ومن غير المحتمل أن سيكون لدينا معجلات قوية بما يكفي لسير هذه البنيانات المركبة في المستقبل المنظور ، بل ولا حتى للأبد ، خاصة إذا وضعنا رأينا على أساس من الاتجاهات الاقتصادية الحالية . ومع كل ، فإن حقيقة أن حالات الاتحاد هذه قد نشأت عن نظرية ن=٨ وهي النظرية المحددة تحديداً جيداً ، هذه الحقيقة ينبغي أن تمكننا من القيام بعدد من التنبؤات التي يمكن اختبارها عند طاقات متاحة لنا الآن أو ستكون متاحة في المستقبل القريب . والموقف هكذا قد يكون مشابهاً للموقف بالنسبة لنظرية سلام- واينبرج التي توحد التفاعلات

الكهرومغناطيسية والضعيفة . فتنبؤات هذه النظرية عند الطاقات المنخفضة تتفق على نحو جيد مع المشاهدات بحيث أن النظرية تعد الآن مقبولة عموما ، حتى رغم أننا لم نتوصل بعد للطاقة التي ينبغي أن يحدث التوحيد عندها .

والنظرية التي توصف الكون ينبغي أن يكون فيها شيء متميز جدا . فلماذا تصبح هذه النظرية حية بينما النظريات الأخرى لا توجد إلا في ذهن مبتكريها؟ ونظرية ن=٨ عن الجاذبية الفائقة فيها بالفعل بعض ما يؤدي للزعم بأنها نظرية خاصة . ويبدو أنها قد تكون النظرية الوحيدة التي هي :-

١- نظرية بالأبعاد الأربعة .

٢- تشمل الجاذبية .

٣- نظرية متناهية دون أي عمليات من طرح لا متناهيات .

وقد سبق أن بينت أن الخاصية الثالثة ضرورية إذا كان علينا أن نحصل على نظرية كاملة بدون معلمات . على أن من الصعب تفسير الخاصتين ١و٢ ، دون استدعاء المبدأ الإنساني . ويبدو أن هناك نظرية متماسكة تفي بالخاصتين ١ و ٣ ولكنها لا تشمل الجاذبية . وعلى كل ، ففي كون كهذا ، يكون من المحتمل أن هذا ليس فيه الكفاية لأن تقوم قوى الجاذبية بتجميع المادة معا في التكتلات الكبيرة التي هي في ما يحتمل ضرورية لنشأة البنيانات المعقدة . والسبب في أنه ينبغي أن يكون للمكان- الزمان أربعة أبعاد هو مسألة تعد طبيعياً خارج مجال الفيزياء . على أن هناك حجة قوية لذلك في المبدأ الإنساني أيضاً . فمن الواضح أن أبعادا ثلاثة للمكان

-الزمان- أي بعدين للمكان وبعد واحد للزمان- هى غير كافية بالنسبة لأي كائن معقد . ومن الناحية الأخرى ، فلو كان هناك أكثر من ثلاثة أبعاد مكانية ، فإن مدارات الكواكب حول الشمس أو الإلكترونات خول النواة ستكون غير مستقرة بما يجعلها تتجه لولبياً نحو الداخل . ولا يبقى إلا إمكانية وجود أكثر من بعد واحد للزمان ، ولكني واحد ممن يجدون أن من الصعب جداً تخيل كون من هذا النوع .

حتى الآن افترضت ضمنياً أن هناك نظرية نهائية ، ولكن هل توجد هذه النظرية؟ هناك على الأقل ثلاثة احتمالات :

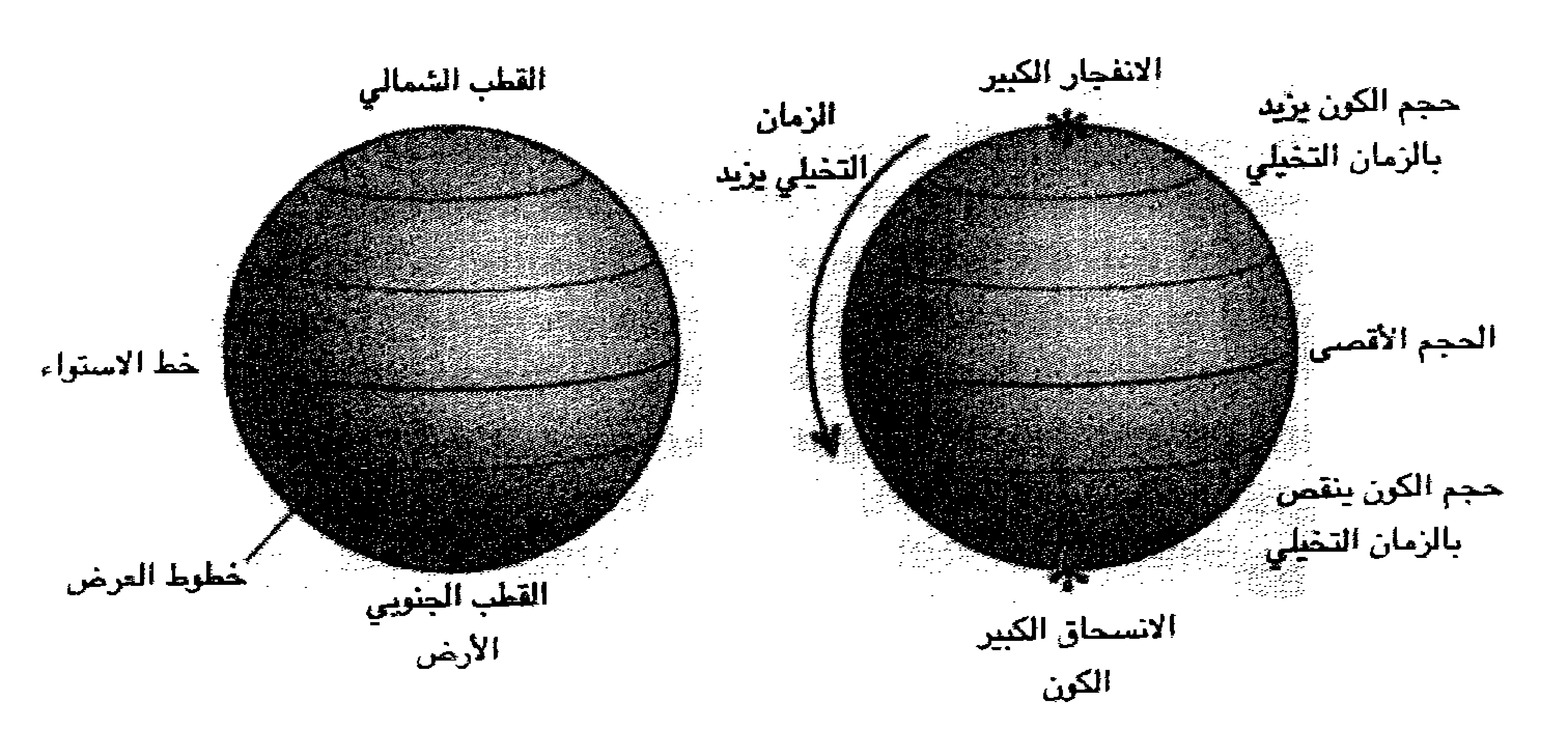
١- توجد نظرية موحدة كاملة .

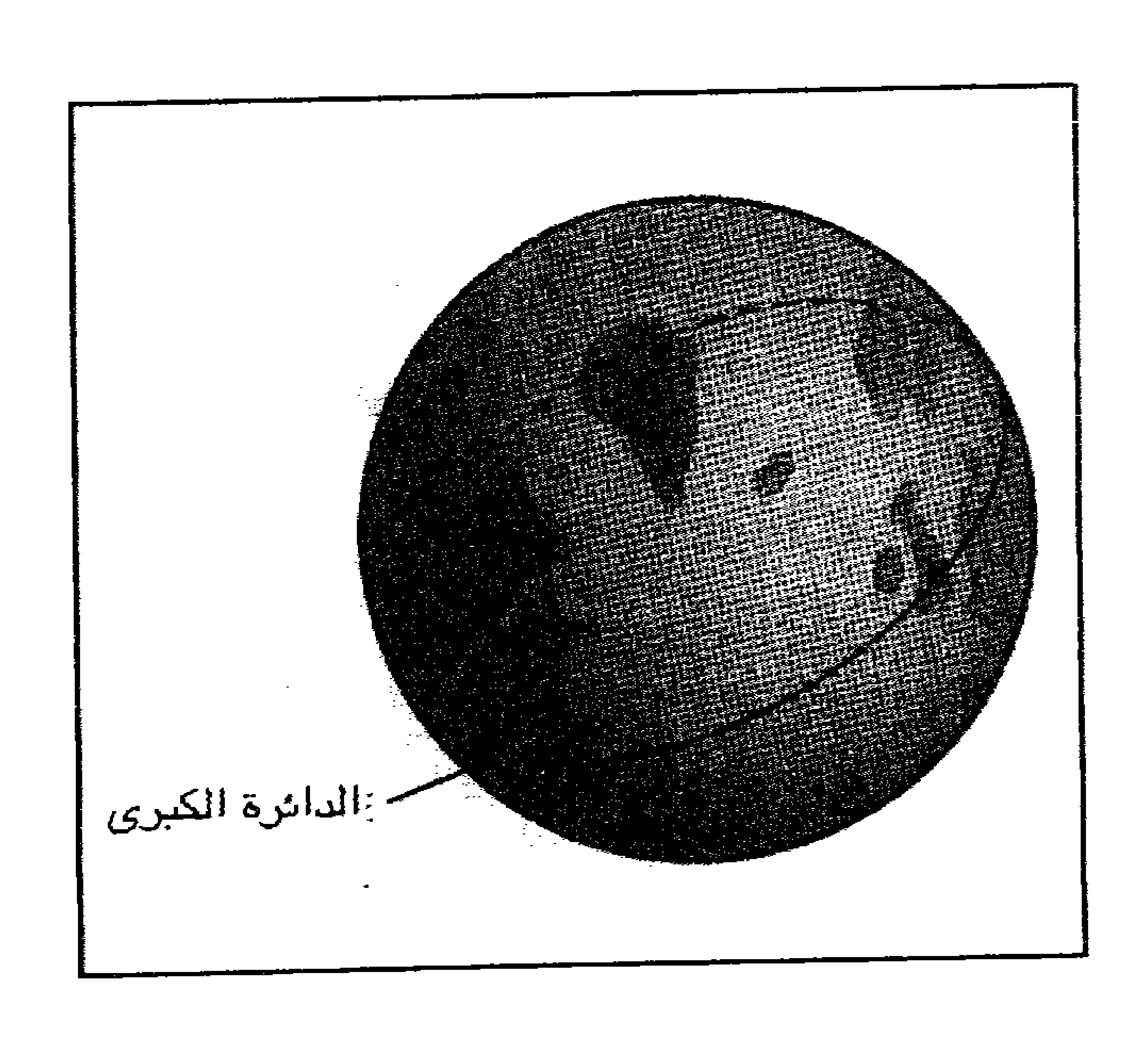
٢- لا توجد نظرية نهائية ، ولكن هناك تعاقب لا نهائي للنظريات هو بحيث يمكن التنبؤ بأي نوع معين من المشاهدات باتخاذ النظرية التي تكون على البعد الكافي من السلسلة .

٣- لا توجد نظرية ، والمشاهدات لا يمكن توصيفها أو التنبؤ بها بما يتجاوز نقطة معينة ، ولكنها فحسب تعسفية .

والنظرة الثالثة قد طرحت كحجة ضد علماء القرن السابع عشر والثامن عشر : «كيف يمكنهم أن يصيغوا قوانين تحد من حرية الله في أن يغير رأيه؟» ومع ذلك فقد فعلوها ونجوا بأنفسهم . وفي العصور الحديثة تمكنا من إزالة الإمكانية الثالثة على نحو فعال بأن أدخلناها داخل خطتنا : فميكانيكا الكم هى في الجوهر نظرية لما نعرفه ولا يمكن التنبؤ به .

والامكانية الثانية تصل الى صورة من تعاقب لا نهائي للبنيانات عند الطاقات الأعلى والأعلى . وكما قلت من قبل فإن هذا يبدو من غير المحتمل لأن المرء يتوقع أن سيكون ثمة توقف عند طاقة بلانك التي تبلغ $١٠^{٢٨}$ الكترون فولت . وهذا يتركنا مع الاحتمال الأول . وفي وقتنا هذا فإن نظرية ن=٨ للجاذبية الفائقة هى المرشح الوحيد الذي يمكن رؤيته[٥] . ومن المحتمل أن سيكون هناك عدد من الحسابات الحاسمة خلال السنوات القليلة التالية فيها الامكانية لأن تبين أن النظرية ليست صالحة . أما اذا تم للنظرية البقاء بعد هذه الاختبارات ، فمن المحتمل أنه بعد مرور بعض أعوام أخرى سوف ننمّي مناهج حسابية تمكننا من القيام بتنبؤات فنستطيع تفسير ظروف ابتداء الكون كما نستطيع أيضا تفسير القوانين الفيزيائية الموضعية . وستكون هذه هى المشاكل البارزة لدى الفيزيائيين النظريين خلال الأعوام العشرين القادمة أو ما يقرب . على أني سأنتهي بنغمة فيها ما ينذر بعض الشئ ، فلعل هؤلاء الفيزيائيين النظريين لن يكون لديهم من الوقت مايزيد عن ذلك كثيرا . ففي الوقت الحالي نجد أن الكمبيوترات هي أداة مفيدة في المساعدة على البحث ، ولكنها يجب أن توجَّه بالعقول البشرية . على أننا لو استقرأنا الامور من المعدل الحديث السريع لتطوير الكمبيوترات ، فإنه ليبدو أن من جد المحتمل أنها ستهيمن كل الهيمنة على الفيزياء النظرية . وبالتالي ، فلعل النهاية هكذا ستكون وشيكة بالنسبة للفيزيائيين النظريين ، إن لم تكن بالنسبة للفيزياء النظرية .


القطب الشمالي
خط الاستواء
خطوط العرض
القطب الجنوبي
الأرض
الزمان
التخيلي يزيد
الانفجار الكبير
حجم الكون يزيد
بالزمان التخيلي
الحجم الأقصى
حجم الكون ينقص
بالزمان التخيلي
الانسحاق الكبير
الكون


الدائرة الكبرى

هوامش

(١) في ٢٩ ابريل ١٩٨٠ نُصّبت كأستاذ لكرسي لوكاس للرياضة في «كمبردج» وهذا المقال هو محاضرتي لحفل تولي المنصب، وقد قرأها نيابة عني أحد تلاميذي.

(٢) النيوكليد او النويدة اسم يطلق على الذرة متى تحددت نواتها بعدد ما تحويه من البروتونات والنيوترونات وما يكمن فيها من طاقة» (المترجم)

(٣) الحقيقة انه قد تم ملاحظة جسيمات دابليو وزد في معمل المركز الاوروبي للبحوث النووية بجنيف في ١٩٨٣ ومنحت جائزة نوبل اخرى في ١٩٨٤ لكارلو روبيا وسيمون فاندرمير اللذين قادا الفريق الذي أنجز هذا الاكتشاف. أما من فاته نوال الجائزة فهو هوفت.

(٤) حركة عشوائية غير منتظمة للجسيمات الدقيقة المعلقة في مائع. (المترجم)

(٥) نظريات الجاذبية الفائقة هي في ما يبدو النظرية الوحيدة عن الجسيمات التي لها الخواص ١و٢و٣، على أنه قد حدثت بعد كتابة هذا موجة اهتمام هائلة بما يسمى نظريات الأوتار الفائقة. وفي هذه النظريات نجد أن الأشياء الأساسية ليست جسيمات من نقط وإنما هي أشياء ممدودة مثل أنشوطات صغيرة من أوتار. والفكرة هي أن ما يبدو لنا على أنه جسيم هو في الحقيقة نبذبات على أنشوطة. ونظريات الأوتار الفائقة هذه يبدو أنها تختزل إلى الجاذبية الفائقة عند حد الطاقة المنخفضة، ولكن حتى الآن لم يحدث سوى القليل من النجاح في أن نحصل من نظرية الأوتار الفائقة على تنبؤات قابلة للاختبار بالتجربة.

8

حلم إينشتين[١]

في السنوات الأولى من القرن العشرين أدت نظريتان جديدتان إلى التغير الكامل في طريقة تفكيرنا عن المكان والزمان بل وعن الحقيقة نفسها . ونحن بعد مرور أكثر من خمسة وسبعين عاما ما زلنا نستنبط دلالات هاتين النظريتين ونحاول ضمهما معاً في نظرية موحدة هى النظرية التي سوف توصّف كل شيء في الكون . وهاتان النظريتان هما النسبية العامة وميكانيكا الكم . ونظرية النسبية العامة تتناول المكان والزمان وكيف أنهما بالمقايسن الكبيرة ينحنيان أو يعوًّجان بواسطة المادة والطاقة التي في الكون . وميكانيكا الكم من الناحية الأخرى تتعامل مع المقاييس الصغيرة جدا . وهى تتضمن ما يسمى مبدأ عدم اليقين الذي يقول إننا لا نستطيع أبدا أن نقيس بدقة موضع وسرعة الجسيم في نفس الوقت ، وكلما قسنا واحد

منهما بدقة أكبر ، قلّت الدقة التي يمكننا بها قياس الآخر . وهناك دائما عنصر من عدم اليقين أو الاحتمالية ، وهذا يؤثر في سلوك المادة بالمقياس الصغير تأثيراً أساسيا . وإينشتين يكاد يكون هو المسئول وحده عن النسبية العامة ، وقد لعب دوراً هاماً في تطوير ميكانيكا الكم . على أن مشاعره بالنسبة لميكانيكا الكم تلخصها الجملة التي قالها عنها «إن الإله لا يلعب النرد» . ولكن الأدلة كلها ما زالت تدل على أنه في كل مناسبة ممكنة يكون لسلوك الجسيمات احتمالات كثيرة .

سأحاول في هذا المقال أن أوصل الأفكار الأساسية التي تكمن وراء هاتين النظريتين ، والسبب في أن إينشتين كان يحس بتعاسة بالغة بالنسبة لميكانيكا الكم . وسوف أقدم أيضا وصفاً لبعض الأمور الرائعة التي يبدو أنها تحدث عندما نحاول ضم النظريتين معا . وهى تدل على أن الزمان نفسه له بداية منذ خمسة عشر بليون عام وأنه قد يصل إلى نهايته عند نقطة ما في المستقبل . إلا أننا نجد في نوع آخر من الزمان أن الكون لا يكون له حد ، وإنما هو قديم ولا يفنى .

وسوف أبدأ بنظرية النسبية . إن القوانين القومية لا تسري في قطر واحد ، أما قوانين الطبيعة فإنها تكون هى نفسها في بريطانيا والولايات المتحدة واليابان . وهى أيضا هى نفسها في المريخ وفي مجرة المرأة المسلسلة (اندروميدا) . وليس هذا فحسب ، بل إن هذه القوانين تكون هى نفسها بصرف النظر عن السرعة التي نتحرك بها . فهذه القوانين تكون بالنسبة للقطار القذيفة أو الطائرة النفاثة بنفس ما تكونه بالنسبة لشخص واقف في

نفس المكان الواحد . وبالطبع ، فإنه حتى الشخص الذي يقف ساكناً على الأرض هو في الحقيقة يتحرك حول الشمس بسرعة تقرب من ١٨,٦ ميلا (٣٠ كليومترا) في الثانية . والشمس أيضا تتحرك حول المجرة بسرعة تبلغ عدة مئات من الكيلو مترات في الثانية ، وهلم جرا . إلا أن كل هذه الحركة لا تؤدي إلى أي اختلاف في قوانين الطبيعة ، فهذه القوانين تكون هى نفسها بالنسبة لكل الملاحظين .

وأول من اكتشف استقلال سرعة النظام هكذا هو جاليليو الذي أنشأ قوانين حركة الأجرام مثل قذائف المدافع والكواكب . إلا أنه قد نشأت مشكلة عندما حاول الناس أن يمدوا استقلال السرعة هكذا عن الملاحظ ليشمل القوانين التي تحكم حركة الضوء . فقد أُكتشف في القرن الثامن عشر أن الضوء لا ينتقل في التو من مصدره إلى الملاحظ ، والأصح أنه ينتقل بسرعة معينة هى حوالي ١٨٦,٠٠٠ ميلا (٣٠٠,٠٠٠ كيلومترا) في كل ثانية . ولكن ما الذي تُنسب «إليه» هذه الحركة؟ وبدا أنه لا بد وأن يكون هناك وسط ما يتخلل الفضاء كله وينتقل بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميلا في الثانية من خلال الأثير ، الأمر الذي يعني أن الملاحظ الذي يكون في حالة سكون بالنسبة للأثير سوف يقيس سرعة الضوء بما يصل إلى حوالي ١٨٦,٠٠٠ ميلاً في الثانية ، أما الملاحظ الذي يتحرك خلال الأثر فانه سيقيس للضوء سرعة أكبر أو أصغر . وعلى وجه التحديد فقد كان هناك اعتقاد بأن سرعة الضوء يجب أن تتغير أثناء حركة الأرض من خلال الأثير في مدارها حول الشمس . على أنه تم في ١٨٨٧ إجراء تجربة دقيقة بواسطة

ميشلسون ومورلي ، بينت أن سرعة الضوء تكون دائماً نفس السرعة . ومهما كانت السرعة التي يتحرك بها الملاحظ ، فإنه سوف يقيس سرعة الضوء بما يبلغ دائما ١٨٦,٠٠٠ ميلا في الثانية .

كيف يمكن أن يصدق ذلك؟ كيف يستطع الملاحظون الذين يتحركون في سرعات مختلفة أن يقيسوا كلهم سرعة الضوء بنفس المقدار؟ والإجابة هى أنهم لن يستطيعوا ذلك لو كانت أفكارنا العادية عن المكان والزمان هى الأفكار الصحيحة . وعلى كل ، فإن إينشتين يبين في ورقة بحث شهيرة كتبها في ١٩٠٥ أن هؤلاء الملاحظين يستطيعون كلهم أن يقيسوا سرعة الضوء بنفس المقدار لو أنهم تخلوا عن فكرة الزمان الكلي . وبدلاً من ذلك فسيكون لكل منهم الزمان الخاص به ، كما تقيسه ساعة يحملها كل منهم معه . والزمان الذي تقيسه هذه الساعات المختلفة يكاد يكون متطابقاً بالضبط إذا كانوا يتحركون حركة بطيئة أحدهم بالنسبة للآخر- ولكن الأزمنة التي تقيسها الساعات المختلفة ستختلف اختلافاً له مغزاه إذا كانت الساعات تنتقل بسرعة كبيرة . وهذه الظاهرة قد تمت ملاحظتها بالفعل بمقارنة ساعة على الأرض مع ساعة أخرى في طائرة لأحد خطوط الطيران ، فالساعة التي في الطائرة تكون سرعتها أبطأ قليلاً عند مقارنتها بالساعة التي لا تنتقل . أما في سرعات الانتقال العادية فإن اختلاف معدل سرعة الساعات يكون اختلافاً صغيراً جدا . وسيكون على الواحد منا أن يسافر من حول الأرض لأربعمائة مليون مرة حتى يضيف ثانية واحدة إلى عمره ، على أن حياته سوف تقل بما هو أكثر من ذلك نتيجة كل تلك

الوجبات التي ستقدم له في الطائرة .

كيف يحدث أن وجود زمان فردي خاص لكل من الأفراد الذين يتقلون بسرعات مختلفة يجعلهم يقيسون سرعة الضوء بنفس المقدار؟ إن سرعة نبضة الضوء هي المسافة التي تتحركها هذه النبضة بين حدثين ، مقسومة على الفترة الزمنية التي بين الحدثين . (الحدث بهذا المعنى هو أمر يحدث عند نقطة واحدة في المكان ، ونقطة محددة في الزمان) . والناس الذين يتحركون بسرعات مختلفة لن يتفقوا بالنسبة للمسافة التي بين حدثين . وكمثل ، لو أني قست سرعة عربة تتحرك على الطريق الرئيسي ، فربما اعتقدت أنها قد سارت فحسب كيلومتراً واحداً أما بالنسبة لشخص موجود على الشمس ستكون العربة قد تحركت حوالي ١,٨٠٠ كليومترا ، لأن الأرض ستكون قد تحركت منتقلة أثناء حركة العربة على الطريق . وحيث أن الناس الذين يتحركون بسرعات مختلفة يقيسون مسافات مختلفة بين الأحداث ، فإنهم ولا بد سيقيسون أيضا فترات زمنية مختلفة إذا كانوا سيتطابقون بالنسبة لسرعة الضوء .

ونظرية إينشتين الأصلية عن النسبية التي طرحها في ورقة بحثه المكتوبة في ١٩٠٥ ، هى ما نسميه الآن بالنظرية الخاصة للنسبية . وهى تصف كيف تتحرك الأشياء من خلال المكان والزمان . وتبين النظرية أن الزمان ليس بكم كلى موجود على نحو مستقل ، منفصلاً عن المكان . والأصح ، هو أن المستقبل والماضي هما مجرد اتجاهين ، مثل أعلى وأسفل ، ويسار ويمين ، وأمام ووراء ، وذلك في شئ يسمى المكان- الزمان . ونحن نستطيع أن

نتحرك في الزمان في اتجاه المستقبل فقط ، ولكننا «نستطيع» أن نتحرك في بعض زاوية بالنسبة له . وهذا هو السبب في أن الزمان يمكن أن يمر بسرعات مختلفة .

ونظرية النسبية الخاصة تجمع بين الزمان والمكان ، ولكن المكان والزمان هكذا مازالا خلفية ثابتة تحدث فيها الأحداث . ويمكننا أن نختار أن نتحرك في مسارات مختلفة خلال المكان- الزمان ، ولكن أياً مما نستطيع أن نفعله لن يغير من خلفية المكان والزمان . على أن هذا كله قد تغير عندما صاغ إينشتين النظرية العامة للنسبية في ١٩١٥ . وقد طرح فيها فكرته الثورية عن أن الجاذبية ليست مجرد قوة تعمل في خلفية ثابتة من المكان- الزمان . وبدلاً من ذلك فإن الجاذبية هي «تشويه» للمكان- الزمان ، بسبب ما فيه من كتلة وطاقة . والأجرام مثل قذائف المدافع والكواكب ، تحاول أن تتحرك في خط مستقيم خلال المكان- الزمان ، ولكن حيث أن المكان- الزمان مُنحنى ومعوَّج وليس مسطحاً ، فإن مسارات الأجرام تظهر منحنية . والأرض تحاول أن تتحرك في خط مستقيم خلال المكان- الزمان ، ولكن انحناء المكان- الزمان الناتج عن كتلة الشمس يجعل الأرض تتحرك في دائرة حول الشمس . وبالمثل فإن الضوء يحاول أن يتحرك في خط مستقيم ، ولكن انحناء المكان- الزمان بالقرب من الشمس ينتج عنه أن الضوء القادم من نجوم بعيدة يصبح منحنياً إذا مر بالقرب من الشمس . وفي الأحوال الطبيعية ، لا يتمكن المرء من أن يرى في السماء النجوم التي تكون تقريباً في نفس اتجاه الشمس . أما أثناء كسوف الشمس ، حيث يكون معظم ضوء

الشمس محجوباً بالقمر ، فإننا نستطيع أن نرصد الضوء القادم من هذه النجوم . وقد أنتج إينشتين نظريته عن النسبية العامة أثناء الحرب العالمية الأولى ، حيث كانت الظروف وقتها غير ملائمة لإجراء مشاهدات علمية ، على أنه بعد الحرب مباشرة قامت حملة بريطانية برصد كسوف ١٩١٩ وأثبتت صحة تنبؤات النسبية العامة : فالمكان- الزمان ليس مسطحاً ، وإنما هو منحنٍ بسبب ما فيه من مادة وطاقة .

وكان هذا هو أعظم انتصار لإينشتين . فاكتشافه قد حول تماماً من طريقة تفكيرنا عن المكان والزمان . وبهذا لم يعودا بعد مجرد خلفية سلبية تقع الأحداث فيها ، ولم يعد في استطاعتنا بعد أن نفكر في المكان والزمان على أنهما يسريان للأبد ، دون أن يتأثرا بما يحدث في الكون . وبدلاً من ذلك فقد أصبحا الآن كمّين ديناميكيين يؤثران ويتأثران بالأحداث التي تقع فيهما .

وأحد الخواص الهامة للكتلة والطاقة هي أنهما في حالة إيجابية . وهذا هو السبب في أن الجاذبية دائما تجذب الأجسام أحدها للآخر . وكمثل ، فإن جاذبية الأرض تجذبنا لها حتى على الجانبين المتقابلين من العالم . وهذا هو السبب في أن الناس في أستراليا لا يقعون من العالم . وبالمثل فإن جاذبية الشمس تُبقي الكواكب في مدارها حولها الشمس وتمنع الأرض من أن نتطلق بعيدا في ظلام الفضاء مابين النجوم . وحسب النسبية العامة ، فإن حقيقة أن الكتلة هي دائماً إيجابية تعني أن المكان- الزمان ينحني وراءً على نفسه مثل سطح الأرض . ولو كانت الكتلة في حالة سلبية ، لأصبح

المكان- الزمان ينحني في الاتجاه الآخر مثل سطح السرج . وهذا الانحناء الموجب للمكان- الزمان والذي يعكس حقيقة أن الجاذبية لها صفة الجذب ، كان مما يراه إينشتين على أنه مشكلة كبرى . ذلك أن ثمة اعتقاداً كان واسع الانتشار وقتها بأن الكون ساكن ، ولكن إذا كان المكان هو والزمان بالذات ينحنيان على نفسيهما فكيف يمكن للكون أن يستمر للأبد كما هو في الوقت الحالي في نفس الحالة بدرجة أو أخرى؟ .

ومعادلات إينشتين الأصلية في النسبية العامة تتنبأ بأن الكون إما أنه يتمدد أو أنه ينكمش . وبالتالي فقد أضاف إينشتين حداً آخر للمعادلات يربط الكتلة والطاقة في الكون في علاقة مع منحنى المكان- الزمان . وهذا الحد الذي سمي الحد الكوني له تأثير جذبوي بالتنافر . وبهذا فقد أمكن موازنة جاذبية المادة بما للحد الكوني من تنافر . وبكلمات أخرى فإن الانحناء السالب للمكان- الزمان الذي ينتج عن الحد الكوني يمكن له أن يلغي الانحناء الموجب للمكان- الزمان الذي ينتج عن الكتلة والمادة في الكون . وبهذه الطريقة يمكننا الحصول على نموذج للكون يظل للأبد في نفس الحالة . ولو أن إينشتين ظل متمسكاً بمعادلاته الأصلية دون إضافة الحد الكوني ، لكان سيتنبأ عندها بأن الكون إما أنه يتمدد أو أنه ينكمش . على أن الواقع أن أحداً وقتها لم يكن يعتقد أن الكون يتغير بالزمان ، حتى حل عام ١٩٢٩ ، وعندها اكتشف إدوين هابل أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عنا . فالكون يتمدد . وكان أن أطلق إينشتين بعدها على الحد الكوني أنه «أعظم خطأ في حياتي» .

وسواء كان الحد الكوني له أو ليس له وجود فإن حقيقة أن المادة تسبب أن ينحني المكان- الزمان على نفسه ظلت مشكلة ، وإن كل الأمر لم يدرك بصورة عامة على هذا النحو . على أن ما يعنيه ذلك هو أن المادة يمكن أن تحني منطقة على نفسها انحناء يبلغ من قدره أنه سيؤدي بالفعل إلى أن تفصل هذه المنطقة نفسها عن سائر الكون . وستصبح هذه المنطقة ما يسمى بالثقب الأسود . والأشياء يمكن أن تقع داخل الثقب الأسود ، ولكن ما من شئ يمكنه أن يهرب منه . فحتى تخرج الأشياء منه سيلزم لها أن تنتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء ، الأمر الذي لا تسمح به نظرية النسبية . وبهذا فإن المادة داخل الثقب الأسود ستكون حبيسة فيه وستتقلص إلى بعض حالة غير معروفة ذات كثافة عالية جدا .

انزعج إينشتين انزعاجاً بالغاً بما لهذا التقلص من تضمينات ، ورفض أن يصدق أنه مما يحدث . ولكن روبرت أوبنهايمر بيّن في ١٩٣٩ أن النجم العجوز الذي تكون كتلته أكبر من ضعف كتلة الشمس لا بد له من أن يتقلص عندما يستنفد كل وقوده النووي . ثم اعترضت الحرب طريق البحث ، حيث انشغل أوبنهايمر بمشروع القنبلة الذرية ، وفقد اهتمامه بالتقلص الجذبوي . أما العلماء الآخرون فكان أكثر ما يشغلهم هو الفيزياء التي يمكن دراستها على سطح الأرض . فهم لا يثقون في التنبؤات التي تصنع بشأن الأبعاد السحيقة في الكون لأنها في ما يبدو لا يمكن اختبارها بالملاحظة . على أنه في الستينيات أدى ما حدث من تحسينات كبيرة في مدى ونوعية الأرصاد الفلكية إلى الاهتمام من جديد بالتقلص الجذبوي

وبالكون المبكر . وعلى وجه الدقة فقد ظل ما تنبأت به نظرية النسبية العامة لإينشتين بشأن هذه المواقف أموراً غير واضحة حتى أثبتُّ أنا وروجر بنروز عدداً من النظريات . وقد بينت هذه النظريات أن حقيقة انحناء المكان- الزمان على نفسه تتضمن أنه توجد مفردات ، أي مواضع حيث المكان- الزمان يكون له بداية أو نهاية . وتكون بداية المكان- الزمان في الانفجار الكبير الذي حدث منذ ما يقرب من خمسة عشر بليون عاما ، كما أن المكان- الزمان يصل إلى نهايته بالنسبة للنجم عندما يتقلص وبالنسبة لأي شئ يحدث أن يقع داخل الثقب الأسود الذي يخلفه هذا النجم المتقلص وراءه .

ويهذا تبيّن في النهاية أن نظرية إينشتين للنسبية العامة تتنبأ بوجود مفردات ، وقد أدت هذه الحقيقة إلى أن نشأت أزمة في الفيزياء . فمعادلات النسبية العامة التي تربط منحنى المكان- الزمان في علاقة مع توزيع الكتلة والمادة ، لا يمكن أن تعرّف على أنها مفردة . وهذا يعني أن النسبية العامة لا يمكن لها أن تتنبأ بما ينتج عن المفردة . وعلى وجه التحديد فإن النسبية العامة لا يمكن لها أن تتنبأ بالطريقة التي ينبغي أن يبدأ بها الكون بالانفجار الكبير . وبالتالي ، فإن النسبية العامة ليست نظرية كاملة . وهي تحتاج لعنصر يضاف إليها نحدد الطريقة التي ينبغي أن يبدأ بها الكون وما الذي ينبغي أن يحدث عنما تتقلص المادة بتأثير جاذبيتها هى نفسها .

وفي ما يبدو فإن هذا العنصر الإضافي الضروري هو ميكانيك الكم . وإينشتين في سنة ١٩٠٥ ، وهى نفس السنة التي كتب فيها ورقة بحثه عن

النسبية الخاصة ، كتب أيضاً عن ظاهرة تسمى الظاهرة الكهرضوئية . فقد لوحظ أنه عندما يسقط الضوء على معادن معينة ، فإن جسيمات مشحونة سوف تنبعث . أما الأمر المحير ، فهو أنه مع خفض كثافة الضوء ينخفض عدد ما يبث من جسيمات ، إلا أن السرعة التي يتم بها بث كل جسيم تظل هي نفسها . وبيَّن إينشتين أنه يمكن تفسير ذلك إذا كان الضوء لا يأتي في كميات متغيرة باستمرار كما كان الكل يفترضون وإنما هو على الاصح يأتي في حزمات من حجم معين . وفكرة أن الضوء لا يأتي إلا في حزمات ، تسمى الكمات ، هي فكرة قد أدخلها قبل ذلك بسنوات معدودة الفيزيائي الألماني ماكس بلانك . وهذا يشبه بعض الشيء القول بأنك لا تستطيع أن تشتري سكراً سائباً في السوبر ماركت وإنما هو يكون فحسب في أكياس بالكيلوجرام وقد استخدم بلانك فكرة الكمات ليفسر السبب في أن قطعة المعدن الساخنة إلى حد الاحمرار لا تبث من الحرارة قدراً لا متناهياً ، ولكنه كان يعتبر الكمات على أنها مجرد حيلة نظرية ، أي حيلة لا يقابلها أي شيء في الواقع الفيزيقي . أما ورقة بحث إينشتين فقد بينت أنه يمكن للواحد أن يرصد مباشرة الكمات المنفردة . فكل جسيم يتم بثه يقابل كماً واحداً من الضوء المصطدم بالمعدن . وقد أُقر على نطاق واسع بأن هذا إسهام مهم جداً في نظرية الكم ، فاز إينشتين من أجله بجائزة نوبل في ١٩٢٢ . (كان ينبغي أن يفوز إينشتين بجائزة نوبل على النسبية العامة ، إلا أن فكرة أن المكان والزمان منحنيان كانت مازالت تعد أمرا فيه تخمين كثير وموضع جدل ، وهكذا فإنهم منحوه الجائزة بدلا من ذلك على الظاهرة الكهرضوئية- وهذا

لا يعني أن هذا البحث ليس في ذاته جديراً بالجائزة) .

لم يتم إدراك الدلالات الكاملة للظاهرة الكهروضوئية حتى ١٩٢٥ ، عندما بين ويرنر هايزنبرج أنها تجعل من المستحيل قياس موضع الجسيم على وجه الدقة . فحتى نرى مكان أحد الجسيمات سيكون علينا أن نلغي عليه الضوء . ولكن إينشتين قد وضح أنه لا يمكننا أن نستخدم لذلك قدراً صغيراً جدا من الضوء ، بل أن علينا أن نستخدم على الأقل حزمة ضوء وحدة ، أو كماً واحداً . وحزمة الضوء هذه سوف تؤدي إلى اضطراب الجسيم وتسبب حركته بقدر من السرعة في اتجاه ما . وكلما أردنا أن نقيس موضع الجسيم بدقة أكبر ، سيكون علينا أن نستخدم حزمة ضوء بطاقة أكبر وبالتالي فإنها تزيد من اضطراب الجسيم . ومهما حاولنا قياس الجسيم ، فإن حاصل ضرب عدم اليقين بالنسبة لموضعه مضروباً في عدم اليقين بالنسبة لسرعته سيكون دائماً أكبر من حد أدنى معين .

ومبدأ عدم اليقين هذا لهايزنبرج يبيّن أننا لا نستطيع أن نقيس حالة إحدى المنظومات على وجه الدقة ، وبالتالي فنحن لا نستطيع أن نتنبأ بدقة بما ستفعله المنظومة في المستقبل . وكل ما نستطيع أن نفعله هو أن نتنبأ باحتمالات النتائج المختلفة . وهذا العنصر من الاحتمالية أو العشوائية هو ما أثار انزعاج إينشتين . وهكذا فإنه رفض أن يصدق أن قوانين الفيزياء لا تصنع كما ينبغي تنبؤاً بما سيحدث هو تنبؤ محدد لا لبس فيه . ولكن أياً ما كانت طريقة التعبير ، فإن الادلة كانت تبرهن على أن ظاهرة الكم هى ومبدأ عدم اليقين أمران لا يمكن تجنبهما وأنهما يحدثان في كل فرع من فروع الفيزياء .

والنسبية العامة لإينشتين هى نظرية من النوع الذي يطلق عليه أنه نظرية كلاسيكية ، بمعنى أنها لا تتضمن مبدأ عدم اليقين . وبالتالي فإن علينا أن نجد نظرية جديدة تجمع بين النسبية العامة ومبدأ عدم اليقين . والاختلافات بين هذه النظرية الجديدة والنسبية العامة الكلاسيكية سيكون في معظم المواقف اختلافاً صغيراً جدا .والسبب في ذلك كما ذكرنا فيما سبق ، هو أن عدم اليقين الذي تتنبأ به الظواهر الكمية هو فحسب في ما يتعلق بما هو صغير جداً ، بينما النسبية العامة تتعامل مع بنية المكان- الزمان بالمقاييس الكبيرة جدا . إلا أن نظريات المفردة التي برهنت عليها أنا وروجر بنروز تبيّن أن المكان- الزمان سيصبح عند المقاييس الصغيرة جداً منحنياً انحناء كبيرا . وستصبح تأثيرات مبدأ عدم اليقين عندها مهمة جدا وهى في ما يبدو تشير إلى بعض نتائج رائعة .

ومشاكل إينشتين مع ميكانيكا الكم ومبدأ عدم اليقين قد نشأت في جزء منها عن حقيقة استخدامه لفكرة الإدراك المشترك العادية التي ترى أن المنظومة يكون لها تاريخ محدد . فالجسيم إما أن يكون في أحد الأماكن أو الآخر . ولا يمكنه أن يكون نصفياً في مكان ونصفياً في الآخر . وبالمثل ، فإن حدثاً مثل هبوط رواد الفضاء على القمر إما أن يكون قد حدث أو هو لم يحدث . فهو لا يمكن أن يحدث نصفيا . وهذا يشبه حقيقة أن الواحد لا يمكن أن يكون ميتاً إلى حد بسيط أو تكون الواحدة حاملاً إلى حد بسيط . فالمرء إما أن يكون هكذا أو لا يكون . ولكن لو كان لمنظومة ما تاريخ محدد وحيد ، فإن مبدأ عدم اليقين سوف يؤدي إلى كل أنواع المفارقات كأن تكون

الجسيمات موجودة في مكانين في الوقت نفسه أو أن يكون رواد الفضاء موجودين نصفياً فحسب على القمر .

وإحدى الوسائل البارعة لتجنب هذه المفارقات التي أزعجت إينشتين أبلغ الانزعاج هى ما طرحه الفيزيائي الأمريكي ريتشارد فينمان . وفينمان أصبح مشهوراً في ١٩٤٨ بسبب عمله على نظرية الكم للضوء . وقد فاز بجائزة نوبل في ١٩٦٥ مع أمريكي آخر هو جوليان شوينجر ، ومع الفيزيائي الياباني شينتشرو توماناجا . ولكنه كان فيزيائيا حتى النخاع ، بنفس تقاليد إينشتين . فهو يكره الخيلاء والخداع ، وهكذا استقال من الأكاديمية القومية للعلوم لأنه وجد أنهم ينفقون معظم وقتهم لإصدار قرارات عما إذا كان ينبغي السماح بدخول علماء آخرين للأكاديمية . وفينمان الذي مات في ١٩٨٨ ، مازلنا نذكره لإسهاماته الكثيرة في الفيزياء النظرية . وإحدى هذه الإسهامات هى الرسوم التوضيحية التي تحمل اسمه ، والتي هى الأساس لكل ما يجري تقريبا من حسابات في فيزياء الجسيمات . على أن الإسهام الأهم هو مفهومه لحاصل جمع التواريخ . والفكرة هى أن المنظومة الواحدة لا يكون لها مجرد تاريخ وحيد في المكان-الزمان ، كما نفترض عادة في النظريات الكلاسيكية اللاكميّة . والصح أن المنظومة يكون لها كل تاريخ ممكن . ولننظر مثلاً في أمر جسيم يكون عند النقطة أ في وقت معين . نحن نفترض عادة أن الجسيم سيتحرك في خط مستقيم بعيدا عن أ . إلا أنه حسب حاصل جمع التواريخ ، قد يتحرك الجسيم بعيداً في «أي» مسار يبدأ من أ . والأمر يشبه ما يحدث عندما نضع

قطرة من المواد فوق قطعة من ورق نشاف- سوف تنتشر جسيمات المداد خلال الورق النشاف في كل مسار ممكن . وحتى لو اعترضنا الخط المستقيم بين نقطتين بأن أحدثنا قطعاً في الورقة ، فإن المداد سوف يدور حول الزاوية .

وكل مسار أو تاريخ للجسيم يكون مصحوبا بعدد يعتمد مقداره على شكل المسار . واحتمال أن ينتقل الجسيم من أ إلى ب نحصل عليه بجمع الأعداد المصاحبة لكل المسارات التي تأخذ الجسيم من أ إلى ب . وسنجد بالنسبة لمعظم المسارات أن العدد المصاحب للمسار سيلغي تقريباً الأعداد التي من المسارات المجاورة . وبهذا فإن هذه الأعداد لا تسهم إلا إسهاما صغيراً في احتمال انتقال الجسيم من أ إلى ب . أما الأعداد التي من المسارات المستقيمة فإنها تتضايف مع الأعداد التي من مسارات تكاد تكون مستقيمة . وبالتالي فإن الإسهام الرئيسي في الاحتمالات يأتي من المسارات المستقيمة أو التي تكاد تكون مستقيمة . وهذا هو السبب في أن المسار الذي يتبعه أحد الجسيمات عندما ينتقل خلال غرفة فقاعية(٢) يكاد يبدو مستقيما . لكن لو أننا وضعنا في طريق الجسيم شيئاً مثل جدار فيه شق ، فإن مسارات الجسيم يمكن أن تنتشر في انفراج لما بعد الشق . ويصبح من الممكن وجود احتمال كبير لأن نجد الجسيم بعيداً عن المسار المستقيم من خلال الشق .

بدأت في ١٩٧٣ في بحث ما قد يكوّنه تأثر مبدأ عدم اليقين على جسيم ما في المكان- الزمان المنحنى بالقرب من ثقب أسود . وكم كان رائعاً أن أجد أن الثقب الأسود لا يكون أسود بالكامل . فمبدأ عدم اليقين يتيح

للجسيمات والإشعاع أن تتسرب خارجة من الثقب الأسود بمعدل ثابت .

وكانت هذه النتيجة مفاجأة كاملة لي ولكل واحد آخر ، وقوبلت بالإنكار على نطاق عام . على أنه عند النظر في الأمر وراءً ، نجد أنه كان يجب أن يكون أمراً واضحاً . فالثقب الأسود هو منطقة من المكان يستحيل الفرار منها إذا كنا ننتقل بسرعة أقل من سرعة الضوء . إلا أن حاصل جمع التواريخ لفينمان يقول لنا إن الجسيمات يمكن أن تتخذ «أي» مسار خلال المكان-الزمان . وبالتالي فإنه يمكن لأحد الجسيمات أن ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء . على أن احتمال أن ينتقل الجسيم لمسافة طويلة وهو على سرعة أكبر من سرعة الضوء هو احتمال صغير ، ولكنه يستطيع أن يتحرك بأسرع من الضوء لمسافة تكفي فحسب لأن يخرج من الثقب الأسود ، ثم يتحرك بعدها بسرعة أبطأ من الضوء . وبهذه الطريقة ، فإن مبدأ عدم اليقين يسمح للجسيمات بأن تفر مما كان يعتقد أنه السجن النهائي ، أي الثقب الأسود . واحتمال أن يخرج جسيم من ثقب أسود له كتلة الشمس سيكون احتمالاً صغيراً جداً لأنه سيكون على هذا الجسيم أن ينتقل بسرعة أكبر من الضوء لمسافة كيلومترات عديدة . على أنه قد توجد ثقوب سوداء أصغر كثيراً جداً من ذلك ، قد تكونت في الكون المبكر . وهذه الثقوب السوداء البدائية يمكن أن تكون ذات حجم أصغر من حجم نواة الذرة ، إلا أن كتلتها يمكن أن تكون من بليون طن ، أي ككتلة جبل فوجي . وهذه الثقوب يمكنها أن تبث من الطاقة ما يماثل محطة كبيرة للطاقة . كم يكون رائعاً لو أمكننا العثور على واحد من هذه الثقوب السوداء الصغيرة ثم نسخر طاقته لفائدتنا .

ولسوء الحظ فإنه يبدو أن ليس هناك حولنا في الكون الكثير منها .

والتنبؤ بإشعاع من الثقوب السوداء كان أول نتيجة ذات أهمية من توليف النسبية العامة لإينشتين مع مبدأ الكم . وقد بيّن ذلك أن التقلص بالجاذبية ليس بالطريق المسدود تماماً كما كان يبدو . فالجسيمات التي في الثقب الأسود لا يلزم أن تصل إلى خاتمة تواريخها عند إحدى المفردات . وبدلاً من ذلك فإن هذه الجسيمات يمكنها الفرار من الثقب الأسود لتواصل تواريخها خارجه . ولعل مبدأ الكم يعني أنه يمكننا أيضاً أن نتجنب أن يكون للتواريخ بداية في الزمان ، أو بداية وجود عند الانفجار الكبير؟ .

وهذا السؤال الأخير صعب جداً في الإجابة عنه ، لأنه يستلزم تطبيق مبدأ الكم على بنية الزمان والمكان نفسيهما وليس فحسب على مسارات لجسيم في خلفية معينة من المكان- الزمان . وما نحتاجه هنا هو طريقة للحصول على حاصل جمع التواريخ لا لمجرد جسيمات وإنما لكل نسيج المكان والزمان أيضا . ونحن لا نعرف بعد الطريقة الملائمة لإجراء حاصل الجمع هكذا ، ولكننا نعرف بالفعل ملامح معينة يجب أن تكون له . وأحد هذه الملامح هى أننا عندما نجري حاصل الجمع ونحن نتعامل مع التواريخ في ما يسمى بالزمان التخيلي يكون ذلك أسهل مما في الزمان الواقعي المعتاد . والزمان التخيلي مفهوم يصعب استيعابه ، وهو في ما يحتمل الأمر الذي سبب أعظم المشاكل لقرء كتابي . كما أني أيضا قد انتُقدتُ انتقاداً عنيفاً من الفلاسفة لاستخدامي الزمان التخيلي . فكيف يمكن أن يكون للزمان التخيلي أي علاقة بالكون الواقعي؟ وأعتقد أن هؤلاء الفلاسفة لم

يتعلموا من دروس التاريخ . فذات مرة كان يُعد من الأمور الواضحة أن الأرض مسطحة وأن الشمس تدور حول الأرض ، إلا أننا منذ زمن كوبرنيكوس وجاليلو أصبح علينا أن نتكيف مع فكرة أن الأرض مستديرة وأنها تدور حول الشمس . وبالمثل فقد ظل مما يعدّ واضحاً لزمن طويل أن الزمان يمضي بنفس السرعة بالنسبة لكل ملاحظ ، ولكننا منذ إينشتين أصبح علينا أن نتقبل أن الزمان يمضي بمعدلات سرعة مختلفة بالنسبة للملاحظين المختلفين . وكان مما يبدو واضحاً أيضاً أن الكون له تاريخ وحيد ، إلا أننا منذ اكتشاف ميكانيكا الكم أصبح علينا أن نعتبر أن الكون له كل تاريخ ممكن . وما أود أن أطرحه هو أن الزمان التخيلي شيء سيكون علينا أيضا أن نصل إلى تقبله . فهو قفزة فكرية من نفس مرتبة الاعتقاد بأن العالم مستدير . وأنا أعتقد أن الزمان التخيلي سوف يصل إلى أن يبدو أمراً طبيعياً بمثل ما تبدو الأرض المستديرة كأمر طبيعي الآن . فلم يعد باقياً لدينا الآن في عالم المتعلمين أي كوكب أرضي مسطح .

وفي إمكانك أن تفكر في الزمان الواقعي العادي على أنه خط أفقي يتجه من اليسار إلى اليمين حيث العهود المبكرة على اليسار والمتأخرة على اليمين . ولكنك تستطيع أيضا أن تنظر في أمر اتجاه آخر للزمان لأعلى وأسفل الصفحة . وهذا هو مايسمى الاتجاه التخيلي للزمان ، والذين يكون متعامدا على الزمان الواقعي .

ما أهمية إدخال مفهوم الزمان التخيلي؟ لماذا لا نتمسك فحسب بالزمان الواقعي العادي الذي نفهمه؟ السبب كما ذكرنا من قبل ، هو أن المادة

والطاقة ينزعان إلى جعل المكان- الزمان منحنياً على نفسه . وهذا في اتجاه الزمان الواقعي سوف يؤدي حتماً إلى مفردات ، أي مواضع حيث المكان- الزمان يصل إلى نهايته . ومعادلات الفيزياء تصبح عند المفردات مما لا يمكن تحديده ، وبالتالي فإننا لا نستطيع التنبؤ بما سوف يحدث . أما اتجاه الزمان التخيلي فهو عمودي على الزمان الواقعي . وهذا يعني أنه يسلك بطريقة مماثلة للاتجاهات الثلاثة التي تناظر الحركة في المكان . وانحناء المكان- الزمان الناتج عن المادة التي في الكون يمكن عندها أن يؤدي إلى الاتجاهات المكانية الثلاثية واتجاه الزمان التخيلي وهي تتلاقى من الخلف . وهي هكذا سوف تشكل سطحاً مغلقاً مثل سطح الأرض . فالاتجاهات المكانية الثلاثة هي والزمان التخيلي ستشكل مكان- زمان مغلقاً على نفسه ، وهو بلا حدود ولا أحرف . ولن يكون له أي نقطة يمكن تسميتها بأنها بداية أو نهاية ، مثله مثل سطح الأرض الذي ليس له بداية ولا نهاية .

في ١٩٨٣ طرحت مع جيم هارتل أن حاصل جمع التواريخ للكون ينبغي ألا يحسب بالنسبة لتواريخ في الزمان الحقيقي . والأصح أنه ينبغي أن يحسب بالنسبة لتواريخ في زمان تخيلي تكون مغلقة على نفسها مثل سطح الأرض . ولما كانت هذه التواريخ ليس لها أي مفردات أو أي بداية أو نهاية فإن مايحدث فيها سيتحدد بالكلية حسب قوانين الفيزياء . وهذا يعني أن ما يحدث في الزمان التخيلي يمكن حسابه . وإذا عرفنا تاريخ الكون في الزمان التخيلي ، ستتمكن من حساب طريقة سلوكه في الزمان الواقعي . ويمكننا بهذه الطريقة أن نأمل في الحصول على نظرية موحدة كاملة ، نظرية

سوف تتنبأ بكل شيء في الكون . وقد أنفق إينشتين السنوات الأخيرة في حياته وهو يبحث عن نظرية كهذه . واينشتين لم يجد هذه النظرية لأنه كان لا يثق في ميكانيكا الكم . ولم يكن مستعدا للإقرار أن الكون يمكن أن يكون له تواريخ تبادلية كثيرة ، كما في حاصل جمع التواريخ . ونحن ما زلنا لا نعرف الطريقة الملائمة لعمل حاصل جمع التواريخ لكون ، إلا أننا يمكننا أن نكون واثقين إلى حد كبير من أن ذلك سوف يستلزم اسهام الزمان التخيلي وفكرة المكان- الزمان المغلق على نفسه . وأعتقد أن هذين المفهومين سوف يصلان إلى أن يبدوا كأمرين طبيعيين بالنسبة للجيل التالي بمثل ما تبدو فكرة استدارة الأرض طبيعية . والزمان التخيلي هو بالفعل أمر عادي في روايات الخيال العلمي . ولكنه أكبر من أن يكون مجرد خيال علمي أو حيلة رياضية . فهو شيء يشكل الكون الذي نعيش فيه .

هوامش

(١) محاضرة القيت في دورة النموذج العلمي Paradigm التي أقامتها شركة ن ت ت لنُظم معلومات الاتصال في يوليو ١٩٩١ بطوكيو.

(٢) جهاز للكشف عن الجسيمات المؤينّة، يتكون أساساً من إناء معلوء بسائل شفاف فائق السخونة، إذا مر فيه جسيم مؤيّن أحدث فيه فقاعات غليان عنيف بطول مساره. (المترجم)

9

بداية الكون[1]

مشكلة بداية الكون تشبه نوعاً السؤال القديم ، أيهما بدأ أولاً الفرخ أم البيضة؟ وبكلمات أخرى هل الكون قديم أو أن له بداية . وحتى وقت قريب كان العلماء ينزعون إلى الابتعاد في حذر عن الأسئلة التي تدور حول أصل الكون .

حيث كانوا يشعرون أنها أسئلة تنتمي إلى الميتافيزيقا لا العلم . إلا أنه قد ظهر في السنوات الأخيرة المعدودة أن قوانين العلم قد تكون صحيحة حتى في ما يتعلق ببداية الكون . وفي هذه الحالة فإن أصل الكون يمكن أن يكون مما يتحدد بالكامل حسب القوانين العلمية .

والنقاش حول ما إذا كان للكون بداية وكيف كانت هذه البداية هو مما قد ظل مستمرا خلال كل ما سجل من تاريخ . وهناك أساساً مدرستان من

الفكر . فمن المعتقد في كثير من التراث القديم وفي الكثير من الديانات أن الكون له بداية في الماضي القريب إلى حد كبير . (حسب الأسقف أشر فى القرن السابع عشر أن سنة بداية الكون هي ٤٠٠٤ ق .م ، وهو رقم توصل إليه بأن جمع معاً أعمار الأفراد الوارد ذكرهم في العهد القديم) . وإحدى الحقائق التي كانت تستخدم لدعم فكرة بداية حديثة للكون هي إدراك أن الجنس البشري مازال على نحو واضح ناشئاً في تطوره في الثقافة والتكنولوجيا . ونحن مازلنا نذكر أول من أنجز هذا الصنيع أو أنشأ هذا التكنيك . وبالتالي فإن المحاجة تُساق بأننا لا يمكن أن نكون قد عشنا في الكون زمناً طويلاً ، فلو كان ذلك قد حدث لتقدمنا بالفعل لأكثر مما نحن عليه .

والحقيقة أن التاريخ الإنجيلي لبدء الكون لا يبتعد كثيراً عن تاريخ نهاية العصر الجليدي ، وهو الوقت الذي يبدو أن أفراد الإنسان الحديث ظهروا فيه لأول مرة .

ومن الناحية الأخرى فإن أفراداً مثل الفيلسوف الإغريقي أرسطو لا يميلون لفكرة أن الكون له بداية . وهم يفضلون الاعتقاد بأن الكون موجود منذ الأبد للأبد . فما هو أبدى يكون أكثر كمالاً مما له بداية . وهؤلاء لهم إجابة عن مسألة التقدم البشري المذكورة أعلاه : فوقوع فياضانات دورية أو غير ذلك من الكوارث قد أدى بصورة متكررة إلى أن يعود الجنس البشرى وراءً لنقطة البداية .

وهاتان المدرستان للفكر كلتاهما تؤمن بأن الكون أساس لا يتغير

بالوقت . فهو إما قد بدأ في شكله الحالي ، أو أنه ثابت إلى الأبد كما هو عليه الآن . وقد كان هذا اعتقاداً طبيعياً ، لأن الحياة البشرية - بل وكل التاريخ المسجل - كل منهما جد قصير بحيث أن الكون لا يتغير أثناء أيّ منهما تغيراً له مغزاه . وبالنسبة لكون استاتيكى لا يتغير هكذا ، فإن مسألة ما إذا كان الكون قديم منذ الأبد أو أن له بداية في وقت محدد في الماضي هي في الحقيقة موضوع ميتافيزيقى : وأيٌّ من النظريتين يمكن أن يكون فيها ما يفسر مثل هذا الكون . بل إن الفيلسوف إيمانويل كانت كتب في ١٧٨١ مؤلفاً ضخماً بالغ الغموض ، هو نقد العقل الخالص ، وفيه يستنتج أن هناك محاجات تتساوى صحتها بالنسبة للاعتقاد في نفس الوقت بأن الكون له بداية أو بأن الكون ليس له بداية . وكما يطرح عنوان مؤلفه ، فإن استنتاجاته قد تأسست ببساطة على العقل ، وبكلمات أخرى فإنها لم تأخذ في الحسبان ما في الكون من مشاهدات . وعلى أي حال ، فماذا هناك لنشاهده في كون لا يتغير؟

إلا أن البراهين بدأت تتكدس في القرن التاسع عشر بما يثبت أن الارض وسائر الكون كلها في الحقيقة تتغير بمرور الوقت . وتبين الجيولوجيون أن تكوين الصخور والحفريات التي فيها يستغرق مئات أو الآف الملايين من السنين . وهذا وقت أطول كثيرا من عمر الأرض كما يحسبه التكوينيون[٢] . وثمة برهان آخر يمد به ما يسمى بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية ، والذي صاغه الفيزيائي الألماني لودفيج بولتزمان ، ويقرر هذا القانون أن المقدار الكلى للاضطراب في الكون (الذي يقاس بكم يدعى الأنتروبيا) يتزايد

دائماً بمرور الوقت . وهذا مثله مثل محاجة التقدم البشري ، يطرح أن الكون يمكن أن يكون قد وجد فقط منذ زمن متناه ، وإلا فإنه سيكون الآن قد أصابه التحلل بما يصل إلى حالة من الاضطراب الكامل ، حيث كل شيء له نفس درجة الحرارة .

ومن المشاكل الأخرى فيما يتعلق بفكرة الكون الاستاتيكى أنه حسب قانون الجاذبية لنيوتن ، يجب أن ينجذب كل نجم في الكون تجاه كل نجم آخر . ولو كان الأمر هكذا ، كيف يمكن للنجوم أن تظل بلا حراك . وعلى مسافة ثابتة أحدها من الآخر؟ ألن يحدث أنها كلها ستتهاوى معا؟

كان نيوتن متنبهاً لهذه المشكلة . فكتب خطاباً لريتشارد بنتلى ، أحد الفلاسفة المبرزين وقتها ، وافق فيه على أن المجموعة «المتناهية» من النجوم لا يمكن أن تظل بلا حراك ، فهى سوف تهوي كلها معاً إلى نقطة ما في المركز . إلا أنه حاجَّ بأن مجموعة النجوم اللامتناهية لا تهوي معاً ، لأن نجومها لا يكون هناك بالنسبة لها أي نقطة مركزية تهوي إليها . وهذه المحاجة هي مَثَلٌ للعثرات التي يمكن أن نلاقيها عندما نتحدث عن منظومات لا متناهية . وباستخدام طرائق مختلفة لتضايف القوى التي على كل نجم من العدد اللامتناهى للنجوم الأخرى التي في الكون . يمكننا الحصول على إجابات مختلفة عن السؤال عما إذا كانت النجوم تستطيع البقاء على مسافات ثابتة أحدها من الآخر . ونحن نعرف الآن أن الإجراء الصحيح . هو أن ننظر أمر منطقة «متناهية» من النجوم ، ثم نضيف مزيداً من النجوم ، تتوزع توزيعاً متناسقاً على وجه التقريب خارج المنطقة . والمجموعة المتناهية من النجوم

سوف تهوي معاً ، وحسب قانون نيوتن فإن إضافة المزيد من النجوم خارج المنطقة لن يوقف هذا الانهيار ، وبالتالي ، فإن المجموعة اللامتناهية من النجوم لا يمكن أن تبقى في حالة من عدم الحركة . وإذا لم تتحرك النجوم أحدها بالنسبة للآخر ، فإن ما بينها من تجاذب سيؤدى بها إلى أن تأخذ في التهاوي أحدها تجاه الآخر . والبديل لذلك ، أن من الممكن أنها تتحرك مبتعدة أحدها عن الآخر ، بينما الجاذبية تبطىء من سرعة هذا التباعد .

رغم وجود هذه المشاكل بالنسبة لفكرة الكون الإستاتيكى الذي لا يتغير ، إلا أنه ما من أحد في القرن السابع عشر أو الثامن عشر أو التاسع عشر أو أوائل القرن العشرين قد طرح أن الكون ربما يتطور بمرور الزمان . ونيوتن هو وإينشتين قد فات كل منهما فرصة التنبوء بأن الكون ينبغي أن يكون إما في انكماش أو في تمدد . والواقع أننا لا يمكننا أن نأخذ ذلك على نيوتن ، لأنه عاش منذ مائتين وخمسين عاما قبل اكتشاف المراصد لتمدد الكون . أما إينشتين فكان ينبغي أن يكون إدراكه للأمور أفضل . ونظرية النسبية العامة التي صاغها في ١٩١٥ تنبأت بأن الكون يتمدد . ولكنه ظل مقتنعاً أيما اقتناع بالكون الاستاتيكى حتى أنه أضاف عنصراً لنظريته ليوفق بينهما وبين نظرية نيوتن وبوازن الجاذبية .

عندما اكتشف إدوين هابل تمدد الكون في ١٩٢٩ غيّر هذا تماماً من النقاش الدائر حول أصل الكون ، وإذا أخذنا الفكرة الحالية عن المجرات ورجعنا بها وراءً في الزمان ، سيبدو أن المجرات ينبغي أن تكون كلها إحداها فوق الأخرى عند لحظة معينة تقع منذ عشرة إلى عشرين ألف مليون سنة .

وعند هذا الوقت ، أي عند المفردة التي تسمى بالانفجار الكبير ، تكون كثافة الكون هي وانحناء المكان –الزمان لا متناهيين . وفي هذه الظروف ، تنهار كل القوانين المعروفة للعلم . وهذا كارثة للعلم . فهو سيعني أن العلم لا يمكنه التنبوء بطريقة بدء الكون . وكل ما يمكن للعلم أن يقوله هو : أن الكون على ما هو عليه الآن لأنه كان على ما كان عليه وقتها . ولكن العلم لن يستطيع أن يفسر السبب في أن الكون كان على ما كان عليه بعد الانفجار الكبير مباشرة .

ليس مما يثير الدهشة أن الكثير من العلماء لم يسعدوا بهذا الاستنتاج . ولهذا فقد أُجريت محاولات عديدة لتجنب الاستنتاج بأنه يجب أن تكون هناك مفردة انفجار كبير وبالتالي بداية للزمان . وإحدى هذه المحاولات هي ما يسمى بنظرية الحالة المستقرة . والفكرة فيها هي أنه أثناء تحرك المجرات مبتعدة احداها عن الأخرى ، تتكون مجرات جديدة في المسافات التي بينها وذلك من مادة تتخلق باستمرار . فالكون موجود وسيظل موجوداً للأبد وهو بدرجة أو أخرى في نفس الحالة التي هو عليها الآن .

وحتى يستمر الكون في تمدده ويستمر تخليق المادة الجديدة ، فإن نموذج الحالة المستقرة يتطلب تعديلاً في النسبة العامة ، إلا أن سرعة تخليق المادة المطلوبة تكون هكذا سرعة منخفضة جداً : فهي حوالي جسيم لكل كيلومتر مكعب لكل سنة ، وهي هكذا سرعة لا تتعارض مع المشاهدة . وهذه النظرية تتنبأ أيضاً بأن متوسّط كثافة المجرات والأجرام المشابهة ينبغي أن يكون ثابتاً في المكان والزمان معا . وعلى أي حال ، فقد أجرى مارتن رايل

ومجموعته في كمبردج مسحاً لمصادر موجات الراديو خارج مجرتنا ، وبيّن ذلك أن مصادر الموجات الضعيفة أكثر كثيراً من مصادرها القوية . وما يتوقعه المرء في المتوسط هو أن المصادر الضعيفة ستكون هي الأكثر بعداً . وبالتالى فإن هناك إمكانين : إما أننا في منطقة من الكون حيث المصادر الاقوى أقل تواتراً عن المتوسط ، أو أن كثافة مصادر الموجات كانت أشد فيما مضى ، عندما ترك الضوء المصادر الأبعد وهو في رحلته متجهاً إلينا ، وأي من هذين الاحتمالين لا يتوافق مع تنبوء نظرية الحالة المستقرة بأن كثافة مصادر الراديو ينبغي أن تكون ثابتة في المكان والزمان . أما آخر ضربة تلقتها هذه النظرية فهى ما حدث في ١٩٦٤ عندما اكتشف ارنو بنزياس وروبرت ويلسون وجود خلفية من إشعاع ميكروويفى يأتي من مكان يقع على بعد سحيق وراء مجرتنا . وهذه الخلفية لها خصائص طيف من الإشعاع يبثه جسم ساخن ، وإن كان مصطلح «ساخن» في هذه الحالة لا يكاد يكون هو المصطلح المناسب ، حيث أن درجة الحرارة هنا هي فقط ٢,٧ درجة فوق الصفر المطلق ، فالكون مكان مظلم بارد . وليس هناك ميكانزم معقول في نظرية الحالة المستقرة لتوليد أشعة ميكروويف لها هذا الطيف . وبالتالي أصبح لابد من التخلي عن هذه النظرية .

وفي ١٩٦٣ طرحت فكرة أخرى لتجنب مفردة الانفجار الكبير ، وقد طرحها عالمان روسيان هما ايفجينى ليفشيتز وايزاك خالاتنيكوف . وهما يقولان إن حالة الكثافة اللامتناهية قد لا تحدث إلا إذا كانت المجرات تتحرك مباشرة إحداها تجاه الأخرى أو إحداها بعيدة عن الأخرى ، ووقتها فحسب

ستكون المجرات قد تلاقت فيما مضى عند نقطة واحدة ، على أن المجرات أيضاً سيكون لها بعض سرعات صغيرة في طرق جانبية ، وهذا ربما يجعل من الممكن أن يكون ثمة طور أكثر تبكيراً كان الكون ينكمش فيه ، ومن الممكن أن المجرات في هذا الطور كانت جد متقاربة معاً ولكنها على نحو ما توصلت إلى تجنب الاصطدام إحداها بالاخرى . ولعل الكون قد عاد بعدها للتمدد دون أن يمر بحالة من كثافة لامتناهية .

عندما طرح ليفشيتز وخالاتنيكوف اقتراحهما ، كنت أنا طالب بحث أنشد مشكلة أكمل بها بحثي للدكتوراه . وكنت مهتما بمسألة ما إذا كان هناك وجود لمفردة انفجار كبير ، لأن هذا كان أمراً حاسماً لفهم أصل الكون . وقد طورت مع روجر بنروز مجموعة من التكنيكات الرياضية للتعامل مع هذه المشكلة وأمثالها . وبيَّنا أنه إذا كانت النسبية العامة صحيحة ، فإن أي نموذج معقول للكون يجب أن يبدأ بمفردة . وهذا سيعني أن العلم يمكن له أن يتنبأ بأن الكون يجب أن تكون له بداية ، ولكن العلم لا يمكنه أن يتنبأ بالطريقة التي «ينبغي» أن يبدأ بها الكون : فالتنبؤ بذلك يستدعى اللجوء إلى الميتافيزيقا .

هذا ومن الشيق أن نلاحظ التغير الذي حدث في مناخ الرأى عن المفردات فعندما كنت طالباً قبل التخرج ، لم يكن هناك تقريباً من يأخذ المفردات مأخذ جدياً . أما الآن ، فكنتيجة لنظريات المفردة ، فإن كل واحد تقريباً يؤمن بأن الكون قد بدأ بمفردة ، حيث تنهار عندها قوانين الفيزياء . على أنى أعتقد الان أنه رغم أن المفردة موجودة إلا أن قوانين الفيزياء مازالت

تستطيع تحديد طريقة بدء الكون .

والنظرية العامة للنسبية هي من نوع ما يسمى بالنظرية الكلاسيكية ، بمعنى أنها لا تأخذ في الحسبان حقيقة أن الجسيمات ليس لها مواضع وسرعات محددة بدقة وإنما هي «منبسطة» Smeared out فوق منطقة صغيرة حسب مبدأ عدم اليقين في ميكانيكا الكم الذي لا يسمح لنا بأن نقيس معاً في نفس الوقت الموضع هو والسرعة . وهذا أمر لا تكون له أهميته في الأوضاع العادية ، لأن نصف قطر منحنى المكان - الزمان كبير جداً بالمقارنة بعدم اليقين في ما يتعلق بموضوع أحد الجسيمات . وعلى كل ، فإن نظريات المفردة تدل على أن المكان -الزمان سيصيبه تشوه كبير عندما يكون نصف قطر منحناه صغيراً عند بداية طور التمدد الحالى للكون . وفي هذا الموقف ، سيكون مبدأ عدم اليقين مهماً جداً . وبالتالى ، فإن النسبية العامة تجلب الانهيار لنفسها عندما تتنبأ بوجود المفردات . وحتى نناقش أمر بداية الكون ، فإننا نحتاج لنظرية تجمع بين النسبية العامة وميكانيكا الكم .

وهذه النظرية هي الجاذبية الكمية . ونحن لا نعرف بعد الشكل الدقيق الذي ستتخذه النظرية الصحيحة للجاذبية الكمية . وأحسن نظرية مرشحة حالياً لذلك هي نظرية الأوتار الفائقة ، على أنه مازال فيها عدد من المشاكل التي لم تحل بعد . وعلى كل ، فإن ثمة ملامحَ معينة يمكن أن نتوقع وجودها في أي نظرية قابلة لأن تبقى على قيد الحياة . وأحد هذه الملامح هي فكرة إينشتين من أن تأثيرات الجاذبية يمكن تمثيلها بمكان- زمان هو منحنٍ أو مشوه

-أي منبعج- بواسطة ما فيه من مادة وطاقة . والأجرام تحاول أن تتبع ما هو أقرب للخط المستقيم في هذا المكان المنحني ، إلا أن مساراتها تبدو بسبب هذا الانحناء ملوية كما لو كان ذلك بفعل مجال جذبوي .

وأحد العناصر الأخرى التي نتوقع وجودها في النظرية النهائية هي ما افترضه ريتشارد فينمان من أن نظرية الكم يمكن صياغتها «كحاصل جمع للتواريخ» . والفكرة في أبسط شكل لها هي أن كل جسيم يكون له أي مسار أو تاريخ ممكن في المكان -الزمان . وكل مسار أو تاريخ له احتمال يعتمد على شكله . وحتى تصلح هذه الفكرة ، يجب أن نضع موضع الاعتبار التواريخ التي تقع في زمان تخيلي بدلاً من الزمان الواقعي الذي ندرك فيه أنفسنا كأحياء . والزمان التخيلي قد يبدو وكأنه أمر آتٍ من رواية خيال علمي ، ولكنه مفهوم رياضي معرّف جيدا . وبمعنى ما فإنه يمكن التفكير فيه على أنه اتجاه للزمان متعامد على الزمان الواقعي . ونحن نضيف حاصل جمع احتمالات كل تواريخ الجسيمات ذات الخصائص المعينة ، مثل المرور من خلال نقاط معينة في أوقات معينة . ثم يكون علينا بعدها استقراء النتيجة وراءً إلى المكان- الزمان الواقعي الذي نعيش فيه . وهذه الطريقة ليست أكثر الطرائق المألوفة لتناول نظرية الكم ، ولكنها تعطي نفس النتائج مثل الطرائق الأخرى .

وفي حالة الجاذبية الكمية ، فإن فكرة فينمان لحاصل جمع التواريخ ستتطلب جمع التواريخ المختلفة المحتملة للكون : أي مختلف ما يحتمل من الأمكنة - الأزمنة المنحنية . وهذه ستمثل تاريخ الكون وكل شيء فيه .

وسيكون علينا أن نحدد أي نوع من الأمكنة المنحنية المحتملة ينبغي تضمينه في حاصل جمع التواريخ . واختيار هذا النوع من الأمكنة سوف يحدد الحالة التي يكون فيها الكون . فإذا كان نوع الأمكنة المنحنية التي تحدد حالة الكون يتضمن أمكنة لها مفردات ، فإن احتمالات هذه الأمكنة لن تتحدد بواسطة النظرية . وبدلاً من ذلك ، فإنه سيكون علينا أن نحدد الاحتمالات بطريقة تعسفية . وما يعنيه هذا هو أن العلم لن يتمكن من التنبؤ باحتمالات هذه التواريخ المفرداتية للمكان -الزمان . وبالتالي فإن العلم لن يتمكن من التنبؤ بالطريقة التي ينبغي أن يسلك بها الكون . على أنَّ من المحتمل أن يكون الكون في حالة تحددها كمية تتضمن فحسب أماكن منحنية غير مفرداتية . وفي هذه الحالة فإن قوانين العلم سوف تحدد الكون بالكامل ، وبطريقة ما فإن افتراض أن حالة الكون تتحدد بحاصل جمع التواريخ غير المفرداتية فقط يشبه ما يحدث عندما يبحث رجل ثمل عن مفتاحه تحت عامود النور : فلعل ما حدث أنه لم يفقد المفتاح في هذا المكان ، ولكنه المكان الوحيد الذي قد يجده فيه . وبالمثل ، فإن الكون قد لا يكون في حالة يحددها حاصل جمع تواريخ غير مفرداتية ، ولكنها الحالة الوحيدة التي يمكن فيها للعلم أن يتنبأ بالطريقة التي ينبغي أن يكون عليها الكون .

طرحتُ في ١٩٨٣ أنا وجيم هارتل الفرض بأن حالة الكون ينبغي الحصول عليها من حاصل جمع نوع معين من التواريخ . وهذا النوع يتكون من أماكن منحنية بدون مفردات هي من حجم متناه ولكن ليس لها حدود ولا أحرف ، وهي هكذا ستكون مثل سطح الأرض ولكنَّ لها بعدين أكثر ،

وسطح الأرض له مساحة متناهية ، ولكن ليس له أي مفردات أو حدود أو أحرف ، وقد خبرت ذلك بتجربتى ، فقد درت حول الأرض ، ولم أقع من خارجها .

والفرض الذي طرحته أنا وهارتل يمكن صياغته كالتالي : أن الحال بالنسبة لحد الكون هو أن الكون بلا حد . وهذه الحالة اللاحدية للكون هي وحدها التي يحدث عندها أن تحدد قوانين العلم وهى مستقلة بذاتها احتمالات كل تاريخ ممكن . وبالتالى ، فإنه في هذه الحالة فحسب سيحدث أن القوانين المعروفة ستحدد الطريقة التي ينبغي أن يسلك بها الكون . ولو كان الكون في أي حالة أخرى ، فإن نوع الأماكن المنحنية في حاصل جمع التواريخ سوف يتضمن أماكن لها مفردات . وحتى نحدد احتمالات تواريخ مفرداتية هكذا ، سيكون علينا استخدام مبدأ ما آخر غير قوانين العلم المعروفة . ومن الناحية الأخرى ، إذا كان الكون في الحالة اللاحدية ، سوف يمكننا من حيث المبدأ أن نحدد بالكامل الطريقة التي ينبغي أن يسلك بها الكون ، وذلك في حدود مبدأ عدم اليقين .

من الواضح أن من الأفضل للعلم أن يكون الكون في حالة لا حدية ، ولكن كيف يمكن لنا أن نعرف إن كان الكون هكذا؟ والإجابة في أن فرض اللاحدية يصنع تنبوءات محددة عن الطريقة التي ينبغى أن يسلك بها الكون . وإذا حدث ولم تتفق هذه التنبوءات مع المشاهدة ، يمكننا أن نستنتج أن الكون ليس في حالة لا حدية . وبالتالي فإن فرض اللاحدية هو نظرية جيدة علمياً بالمعنى الذي عرفه الفيلسوف كارل بوبر : فهى مما يمكن تفنيده

أو دحضه بالمشاهدة .

وإذا لم تتفق المشاهدات مع التنبوءات ، سوف نعرف أنه لابد من وجود مفردات في هذا النوع من التواريخ المحتملة . على أن هذا هو تقريباً كل ما سوف نعرفه . ولن نكون قادرين على حساب احتمالات التواريخ المفرداتية ، وبالتالى فلن نكون قادرين على التنبؤ بالطريقة التي ينبغي أن يسلك بها الكون ، وربما يعتقد البعض أن عدم القدرة على التنبؤ هكذا ليس فيه ما يهم كثيراً إذا كان لا يحدث إلا بالنسبة للانفجارالكبير ، فهذا الانفجار هو على كل حال شيء قد حدث منذ عشرة أو عشرين بليون عام . ولكن لو أن القدرة على التنبؤ حدث لها أن انهارت بالنسبة للمجالات الجذبوية القوية جداً في الانفجار الكبير ، فإنها يمكن أن تنهار أيضاً كلما تقلص أحد النجوم . وهذا التقلص قد يحدث عدة مرات أسبوعياً في مجرتنا وحدها . وهكذا ستكون قدرتنا على التنبؤ قدرة ضعيفة حتى ولو بمقاييس التنبؤ بحالة الجو .

يمكننا بالطبع أن نقول إننا لا يلزم أن نكترث بانهيار القدرة على التنبؤ بالنسبة لما يحدث على نجم بعيد . ولكن الأمر هو أننا نجد حسب ميكانيكا الكم أن أي شيء لا يكون وقوعه ممنوعاً بالفعل فإنه يمكن له أن يحدث وسوف يحدث .

وبالتالى ، إذا كان النوع المحتمل من التواريخ يتضمن أمكنة لها مفردات ، فإن هذه المفردات يمكنها أن تحدث في أي موضع وليس فحسب عند الانفجار الكبير أو في النجوم المتقلصة . وسوف يعنى ذلك أننا لا نستطيع

التنبؤ بأى شيء . وبالعكس فإن حقيقة أننا نستطيع التنبؤ بالأحداث ستكون برهاناً تجريبياً ضد المفردات وفى صف فرض اللاحدية .

وإذن ، ما الذي يتنبأ به فرض اللاحدية بالنسبة للكون؟ النقطة الأساسية الأولى هي أنه حيث أن كل التواريخ الممكنة للكون هي متناهية في مداها ، فإن أي كم نستخدمه كقياس للزمان سيكون له قيمة عظمى ودنيا . وبالتالي فإن الكون سيكون له بداية ونهاية . والبداية في الزمان الحقيقي ستكون مفردة الانفجار الكبير . على أن البداية في الزمان التخيلى لن تكون مفردة . وبدلاً من ذلك ستكون مشابهة نوعاً للقطب الشمالى للأرض . فلو اتخذنا درجات خطوط العرض على سطح الارض كتمثيل للزمان ، سوف يمكننا أن نقول إن الأرض تبدأ عند القطب الشمالي ، إلا أن القطب الشمالي يعد نقطة عادية بالكامل على الأرض . وليس هناك أي شيء خاص بشأنها ، والقوانين نفسها تكون صحيحة عند القطب الشمالي كما عند أي مكان آخر على الأرض . وبالمثل ، فإن الحدث الذي قد نختار أن نضع عليه بطاقة تصنيف بأنه «بدء الكون في الزمان التخيلي» سيكون نقطة عادية من المكان- الزمان ، مثلها مثل أي نقطة أخرى . وقوانين العلم ستظل صحيحة عند هذه البداية مثلها في أي مكان آخر .

يمكننا بناء على هذا التمثيل بسطح الأرض ، أن نتوقع أن نهاية الكون ستكون مماثلة لبدايته ، بالضبط مثلما يشبه القطب الشمالي تماماً القطب الجنوبي . إلا أن القطب الشمالي والقطب الجنوبي يقابلان بداية ونهاية تاريخ الكون في الزمان التخيلي وليس في الزمان الواقعي الذي نمارسه .

وإذا قمنا باستقراء نتائج حاصل جمع التواريخ في الزمان الواقعي بواسطة تواريخ الزمان التخيلي ، سوف نجد أن بداية الكون في الزمان الواقعي يمكن أن تكون مختلفة جدا عن نهايته .

أجريت وجون هاليويل حسابا تقريبياً لما سوف يتضمنه شرط اللاحدية . وتناولنا الكون على أنه كون ذو خلفية كاملة السلاسة والاتساق ، وليس عليها إلا اضطرابات صغيرة في الكثافة . وبهذا فإن الكون في ما يظهر سوف يبدأ في التمدد في الزمان الواقعي وهو بنصف قطر صغير جداً . وفي أول الأمر ، سيكون التمدد بما يسمى تمدداً انتفاخياً (تضخمياً)[٣] : أي أن الكون سيضاعف حجمه في كل جزء صغير جداً من الثانية ، تماماً كما تتضاعف الأسعار في كل سنة في أقطار معينة والرقم العالمي للتضخم الاقتصادي هو في ما يحتمل ما حدث في ألمانيا بعد الحرب العالمية الأولى ، حيث ارتفع ثمن رغيف الخبز من أقل من مارك واحد إلى ملايين الماركات في شهور معدودة . ولكن هذا لا يعد شيئاً عند مقارنته بالانتفاخ (التضخم) الذي يبدو أنه حدث في الكون المبكر : فقد زاد الحجم فيه بعامل هو على الأقل مليون مليون مليون مليون مليون مرة في جزء صغير جداً من الثانية . وبالطبع فإن هذا حدث قبل زمن الحكومة الحالية .

كان لهذا الانتفاخ فائدته في أنه قد نتج عنه كونٌ سلس متسق بالمقاييس الكبيرة وأنه يتمدد بالضبط بالمعدل الحرج الذي يجنبه العودة إلى التقلص . والانتفاخ كان أيضاً مفيداً من حيث أنه ينتج كل محتويات الكون من لا شيء بالمعنى الحرفي تماماً للكلمة . فعندما كان الكون نقطة وحيدة ، مثل

القطب الشمالي ، فإنه كان لا يحوي شيئاً ، على أنه يوجد الآن على الاقل ١٠^٨٠ جسيما في ذلك الجزء من الكون الذي يمكننا رصده . من أين أتت كل هذه الجسيمات؟ والإجابة هي أن النسبية وميكانيكا الكم تسمحان بأن تتخلق المادة من الطاقة في شكل أزواج من الجسيم/ مضاد الجسيم . من أين أتت الطاقة لتخليق هذه المادة؟ والإجابة هي أنه قد تم افتراضها من الطاقة الجذبوية للكون . فالكون مدين ديناً هائلاً بطاقة جذبوية سالبة ، هي موازنة بالضبط للطاقة الموجبة للمادة وأثناء الفترة الانتفاخية افترض الكون فرضاً كبيراً من طاقته الجذبوية ليمول تخليق المزيد من المادة . وكانت النتيجة انتصاراً للاقتصاد الكينزى : عالم نشط متمدد ، ملىء بأشياء مادية . ودين الطاقة الجذبوية لا يلزم رده حتى نهاية الكون .

هذا والكون المبكر لا يمكن أن يكون كوناً متجانساً ومتسقاً بالكامل لأن هذا ينتهك مبدأ عدم اليقين لميكانيكا الكم . وبدلاً من ذلك فإنه كان لا بد ثمة انحرافات عن الكثافة المتسقة . وفرض اللاحدية يتضمن أن هذه الاختلافات في الكثافة سوف يبدأ انطلاقها وهي في حالتها الأدنى ، بمعنى أنها ستكون اختلافات صغيرة بقدر الإمكان حسب ما يتوافق مع مبدأ عدم اليقين . ولكن هذه الاختلافات ستصبح أثناء التمدد الانتفاخي اختلافات مضخمة وبعد انتهاء فترة التمدد الانتفاخى ، سوف تخلّف مع كون يتمدد بسرعة تكون في بعض الاماكن أكبر قليلاً عما في أماكن أخرى . وفي مناطق التمدد الأبطأ ، سيؤدي الشد الجذبوي للمادة إلى زيادة إبطاء التمدد ، وفي النهاية ، فإن هذه المنطقة سوف تتوقف عن التمدد وتنكمش

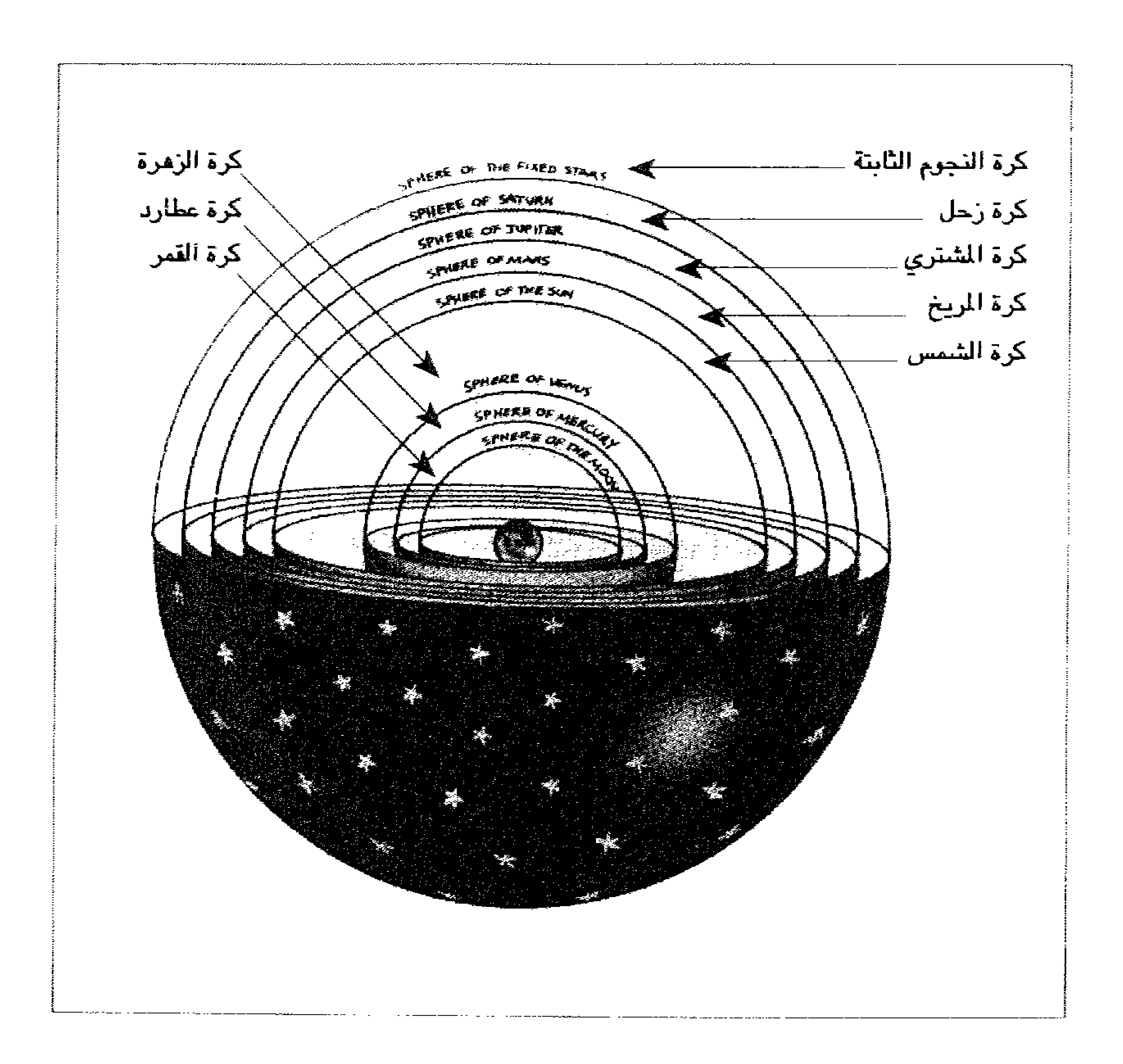
لتكون المجرات والنجوم . وبالتالى ، فإن فرض اللاحدية يمكن أن يفسر كل البنية المعقدة التي نراها من حولنا ، على أن هذا الفرض لا يصنع فحسب تنبؤاً واحداً عن الكون . وإنما هو بدلاً عن ذلك يتنبأ بمجموعة كاملة من التواريخ الممكنة ، كل منها له احتماله الخاص به . وقد يكون هناك تاريخ محتمل حيث حزب العمل يكسب الانتخابات الأخيرة في بريطانيا ، وإن كان الاحتمال هنا قد يكون صغيراً .

وفرض اللاحدية له دلالات عميقة بالنسبة لبداية الكون . فمن المتفق عليه الآن عامة أن الكون يتطور حسب قوانين محددة تحديداً جيداً ، لا تنتهك . إلا أنه حتى وقت قريب كان يعتقد أن هذه القوانين لا تنطبق على بداية الكون .

على أن الوضع يختلف تماماً إذا كان فرض اللاحدية صحيحاً . ففي هذه الحالة تكون قوانين الطبيعة صحيحة حتى عند بدء الكون . وبالتالى ، فإن ظروف بدء الكون تصبح أكثر تحدداً ويضيق مجال الاختيار بالنسبة للاحتمالات في هذه الظروف بحيث قد لا يكون هناك إلا عدد قليل من القوانين المتسقة ذاتياً التي يحتمل أن تؤدى إلى ظهور كائنات معقدة مثلنا يمكنها أن تسأل : كيف بدأ الكون؟

ولكن حتى لو كان هناك فقط مجموعة واحدة وحيدة من القوانين المحتملة ، فإنها لن تكون إلا مجرد مجموعة من المعادلات . ما الذي ينفث النار في هذه المعادلات ويجعل لها كوناً تحكمه؟ هل تكون النظرية الموحدة النهائية نظرية لها قوتها القسرية بحيث أنها تسبب وجودها هي نفسها؟

ورغم أن العلم قد يحل مشكلة طريقة بدء الكون ، إلا أنه لن يتمكن من الإجابة عن سؤال هو : ما أهمية أن يوجد الكون؟ ولست أعرف إجابة عن ذلك .



كرة النجوم الثابتة
كرة زحل
كرة المشتري
كرة المريخ
كرة الشمس
كرة الزهرة
كرة عطارد
كرة القمر
SPHERE OF THE FIXED STARS
SPHERE OF SATURN
SPHERE OF JUPITER
SPHERE OF MARS
SPHERE OF THE SUN
SPHERE OF VENUS
SPHERE OF MERCURY
SPHERE OF THE MOON

هوامش

(١) محاضرة ألقيت في مؤتمر ثلاثمائة سنة من الجاذبية، الذي عقد في كمبردج في يونيو ١٩٨٧، في الذكرى الثلاثمائة لنشر كتاب نيوتن «المبادئ».

(٢) من يحسبون عمر الكون حسب سفر التكوين في العهد القديم. (المترجم)

(٣) Inflation تعني انتفاخ وتضخم، وقد فضلنا ترجمة الكلمة بالانتفاخ لأنّ تمدد الكون الانتفاخي كثيراً ما يقارن بانتفاخ البالونات، وإن كان المؤلف في الفقرات التالية يقارنه بالتضخم المالي. (المترجم)

10

ميكانيكا الكم والثقوب السوداء[1]

شهدت الثلاثون سنة الأولى من هذا القرن ظهور ثلاث نظريات غيرت تغييراً جذرياً نظرة الإنسان للفيزياء وللحقيقة نفسها . والفيزيائيون مازالوا يحاولون استكشاف دلالات هذه النظريات وأن يجعلوها تتلاءم معاً . والنظريات الثلاث هي نظرية النسبية الخاصة (١٩٠٥) ، ونظرية النسبية العامة (١٩١٥) ، ونظرية ميكانيكا الكم (حوالى ١٩٢٦) .

وألبرت إينشتين هو المسؤول إلى حد كبير عن النظرية الأولى ، وهو مسؤول بالكامل عن النظرية الثانية ، كما لعب دوراً رئيسياً في تطوير الثالثة . إلا أن إينشتين لم يتقبل قط ميكانيكا الكم لما فيها من عنصر من المصادفة وعدم اليقين . ومشاعره بهذا الشأن تتلخص في مقولته التي كثيراً ما يستشهد بها وهى «إن الله لا يلعب النرد» . على أن معظم الفيزيائيين

يتقبلون عن طيب خاطر نظرية النسبية الخاصة وميكانيكا الكم معاً لأنهما توصّفان ظواهر يمكن ملاحظتها مباشرة . ومن الناحية الأخرى فإن النسبية العامة لاقت تجاهلاً على نطاق واسع لأنها بدت جد معقدة رياضياً ، وغير قابلة للاختبار في المعمل ، كما أنها نظرية كلاسيكية بصورة خاصة ويبدو أنها لا تتوافق مع ميكانيكا الكم . وبالتالي فقد بقيت النسبية العامة متوازنة في الظل لما يقرب من خمسين عاما .

ثم حدث توسع هائل في المشاهدات الفلكية بدأ مبكراً في الستينات مما أدى إلى إحياء الاهتمام بنظرية النسبية العامة الكلاسيكية لأنه قد بدا أن الكثير من الظواهر الجديدة التي يتم اكتشافها ، مثل الكوازارات والنابضات ومصادر أشعة إكس المدموجة ، تدل على وجود مجالات جذرية قوية جداً -هي مجالات لا يمكن توصيفها إلا بالنسبة العامة . والكوزارات هي أجرام تشبه النجوم ، لا بد وأنها أكثر ضياء لعدة مرات عن مجرات بأكملها مادامت بعيدة عنا بتلك المسافات التي يدل عليها احمرار أطيافها ، أما النابضات فهى بقايا سريعة الومض لانفجارات السوبرنوفا ، وهى في ما يعتقد نجوم نيوترونية فائقة الكثافة ، أما مصادر أشعة إكس المدموجة فقد تم الكشف عنها بأجهزة محملة على سفن الفضاء وهى قد تكون أيضاً نجوم نيوترون أو لعلها أجرام افتراضية ذات كثافة أشد هي ما يسمى بالثقوب السوداء .

وإحدى المشكلات التي تجابه الفيزيائيين الذين يحاولون تطبيق النسبية العامة على هذه الأجرام المكتشفة حديثاً أو على الأجرام الافتراضية ، هي أن

يجعلوا النسبية العامة متوافقة مع ميكانيكا الكم . وقد حدث خلال السنوات المعدودة الأخيرة تطورات تبعث الأمل على أننا قبل مضي زمن طويل سيكون لدينا نظرية كم للجاذبية كاملة الاتساق ، وتتفق مع نظرية النسبية العامة التي تتناول الأجرام الماكروسكوبية ، كما أنها في ما يؤمل ستكون خالية من اللانهائيات الرياضية التي طالما شوشت على نظريات مجال الكم الأخرى . وهذه التطورات لها علاقة بظواهر كمية معينة تم اكتشافها حديثاً في مصاحبة للثقوب السوداء ، وتعطي علاقة اتصال ملحوظة بين الثقوب السوداء وقوانين الديناميكا الحرارية .

سوف أصف بإيجاز كيف يمكن تخليق ثقب أسود . هيا نتخيل نجماً كتلته هي عشرة أمثال كتلة الشمس . هذا النجم خلال معظم حياته التي تقرب من بليون سنة سيولد حرارة عند مركزه بأن يحول الأوكسجين إلى هليوم . والطاقة التي تنطلق هكذا ستخلق ضغطاً كافياً لأن يدعم بقاء النجم ضد تأثير جاذبيته هو نفسه ، بما يؤدى إلى وجود جرم يبلغ نصف قطره مايقرب من خمسة أمثال نصف قطر الشمس . وسرعة الإفلات من سطح[٢] نجمٍ كهذا ستكون حوالي ألف كيلومتر في الثانية . بمعنى ، أنه إذا أطلق جسم رأسياً من فوق سطح النجم وكانت سرعته أقل من ألف كيلومتر في الثانية فإنه سيشد وراءً بمجال جاذبية النجم ويعود إلى سطحه ، بينما إذا كانت سرعة الجسم أكبر من ذلك فإنه سوف يفلت إلى اللانهاية .

وعندما يستنفد النجم وقوده النووى ، لن يكون هناك ما يحفظ الضغط إلى الخارج ، وسيبدأ النجم في التقلص بسبب جاذبيته هو نفسه . وبينما

ينكمش النجم ، فإن المجال الجذبوي عند سطحه يصبح أقوى فتزيد سرعة الإفلات . وفي الوقت الذي يقل فيه نصف القطر إلى ثلاثين كيلومترا ، ستكون سرعة الإفلات قد زادت إلى ٣٠٠, ٠٠٠ كيلومتر في الثانية ، أي سرعة الضوء . وبعدها فإن أي ضوء يبثه النجم لن يكون قادراً على الإفلات إلى اللانهاية وإنما هو سينشدُّ وراءً بالمجال الجذبوى . وحسب نظرية النسبية الخاصة فإنه لا يمكن لشيء أن ينتقل بأسرع من الضوء ، وبالتالي فإذا كان الضوء لا يستطيع الإفلات ، فإنه مامن شيء آخر يستطيع ذلك .

ونتيجة ذلك هي ثقب أسود : منطقة من المكان- الزمان لا يمكن الإفلات منها إلى اللانهاية . وحد الثقب الأسود يسمى أفق الحدث . وهو ما يقابل صدور موجة ضوء من النجم تفشل توها في الفرار إلى اللانهاية ولكنها تظل تحوم عند نصف قطر شوارتز -تشيلد : ٢ج ك / س ، ٢/ 2MG ، حيث ج هي ثابت نيوتن للجاذبية ، وك هي كتلة النجم ، وس هي سرعة الضوء . وبالنسبة لنجم تبلغ كتلته عشرة أمثال الشمس يكون نصف قطر شوارتز تشيلد هو حوالى ٣٠ كيلومترا .

وتوجد الآن براهين من المشاهدات هي على قدر كبير من الوجاهة بما يطرح أن ثقوباً سوداء تقارب هذا الحجم موجودة في المنظومات ذات النجوم الثنائية مثل مصدر أشعة إكس المعروف باسم سيجنوس إكس - وربما يكون هناك عدد له قدره من ثقوب سوداء أصغر كثيراً جداً مبعثرة في الكون ، قد تكونت ليس عن طريق تقلص النجوم وإنما بتقلص مناطق مضغوطة ضغطاً عالياً في الوسط الساخن الكثيف الذي يعتقد أنه كان

موجوداً بعد زمن قصير من من الانفجار الكبير الذي نشأ فيه الكون . وهذه الثقوب السوداء «البدائية» لها أهمية عظمى بالنسبة للظواهر الكمية التي سأصفها هنا . والثقب الأسود الذي يزن بليون طن (حوالى كتلة أحد الجبال) سيكون له نصف قطر من حوالى ١٠-١٣ سنتيمتر (أي حجم النيوترون أو البروتون) . وهو يمكن أن يكون في مدار إما حول الشمس أو حول مركز المجرة .

وأول اشارة إلى احتمال وجود صلة بين الثقوب السوداء والديناميكا الحرارية أتت مع الاكتشاف الرياضي الذي حدث في ١٩٧٠ ومؤداه أن مساحة سطح أفق الحدث ، أي حد الثقب الأسود ، لها خاصية أنها تتزايد دائماً عندما يسقط المزيد من المادة أو الإشعاع داخل الثقب الأسود . وفق ذلك ، فعندما يصطدم ثقبان أسودان ويتداخلان ليشكّلا ثقباً أسود واحداً ، فإن مساحة أفق الحدث التي حول الثقب الأسود الناتج تكون أكبر من حاصل جمع مساحتي أفقيْ الحدث اللذيْن حول الثقبين الأسودين الأصليْين . وهذه الخواص تطرح أن ثمة مشابهة بين مساحة أفق الحدث للثقب الأسود ومفهوم الانتروبيا في الديناميكا الحرارية . والانتروبيا يمكن النظر إليها كمقياس لعدم انتظام احدى المنظومات ، أو هي بما يكافىء ذلك ، الافتقار لمعرفة حالة المنظومة على وجه الدقة . والقانون الثاني الشهير للديناميكا الحرارية يذكر أن الانتروبيا تتزايد دائماً بمرور الوقت .

هذا التماثل ما بين خواص الثقوب السوداء وقوانين الديناميكا الحرارية قد وسع منه جيمس باردين الذي يعمل في جامعة واشنطن ، هو وبراندون

كارتر الذي يعمل الآن في مرصد ميودون ، وكذلك إياى . والقانون الأول للديناميكا الحرارية يذكر أن التغير الصغير الذي يحدث في انتروبيا إحدى المنظومات يصاحبه تغير متناسب معه في طاقة المنظومة ، وعامل التناسب يسمى حرارة المنظومة . وقد وجدت أنا وياردين وكارتر قانوناً مماثلاً يربط التغيير في كتلة الثقب الأسود مع تغير مساحة أفق الحدث . وعامل التناسب هنا يتضمن مقداراً يسمى الجاذبية السطحية ، وهى مقياس لقوة المجال الجذبوي عند أفق الحدث .

وإذا وافقنا على أن مساحة أفق الحدث تماثل الانتروبيا ، فإنه سيبدو أن الجاذبية السطحية تماثل الحرارة . ويقوي من هذا التشابه حقيقة أن الجاذبية السطحية ثبت في النهاية أنها بنفس المقدار عند كل النقط التي على أفق الحدث ، تماما مثلما تكون الحرارة بنفس المقدار في كل مكان من جسم متوازن حرارياً .

رغم أن من الواضح وجود تشابه بين الانتروبيا ومساحة أفق الحدث ، إلا أنه لم يتضح لنا كيف يمكن تعريف المساحة على أنها انتروبيا الثقب الأسود . ماذا سيكون معنى انتروبيا الثقب الأسود؟

وتم طرح الاقتراح الحاسم في ١٩٧٢ بواسطة جاكوب د . بكينشتاين ، وكان وقتها طالب بحث متخرج في جامعة برنستون ، وهو الآن في جامعة النقب باسرائيل . والأمر هو كالتالي . عندما يتخلق الثقب الأسود بالتقلص بالجاذبية ، فإنه سرعان ما يستقر في حالة ثابتة تتميز بثلاث معلمات لا غير ، هي : الكتلة ، وكمية الحركة الزاوية[٢] ، والشحنة الكهربائية . وفي ما

عدا هذه الخصائص الثلاث فإن الثقب الأسود لا يبقى على أي تفصيل آخر مما كان للجرم الذي تقلص . وهذا الاستنتاج المعروف بأن «الثقب الأسود ليس له شعر» ، قد تم إثباته بالعمل المشترك بين كارتر وويرنر اسرائيل من جامعة البرتا ، ودافيد س . روبنسون من كلية الملك بلندن ، وإياى .

ونظرية اللاشعر تتضمن أن قدراً كبيراً من المعلومات يتم فقدانه في التقلص الجذبوي . وكمثل ، فإن الحالة النهائية للثقب الأسود لا تعتمد على ما إذا كان الجرم المتقلص يتكون أصلاً من المادة أو مضاد المادة ، ولا على ما إذا كان شكله كروياً أو هو غير منتظم إلى حد كبير . وبكلمات أخرى فإن الثقب الأسود الذي له كتلة معينة وكمية حركة زاوية وشحنة كهربائية معينة يمكن أن يكون قد تكوّن بتقلص أي شكل من بين عدد كبير من أشكال المادة المختلفة .

والحقيقة أننا لو أهملنا تأثيرات الكم ، فإن عدد هذه الأشكال سيكون لا نهائياً ، حيث أن الثقب الأسود عندها يمكن أن يتكون بتقلص سحابة من عدد كبير كبراً لا نهائياً من الجسيمات ذات الكتلة الصغيرة صغراً لا نهائياً .

على أن مبدأ عدم اليقين في ميكانيكا الكم يتضمن أن الجسيم الذي تكون كتلته ك يسلك مثل موجة يبلغ طولها ب/ ك س ، حيث ب هي ثابت بلانك (وهو عدد صغير من ٦٢ ,٦ × ١٠-٢٧ إرج - ثانية) وس هي سرعة الضوء . وحتى يمكن لسحابة من الجسيمات أن تكون قادرة على التقلص لتشكل ثقباً أسود ، سيكون من الضروري في ما يبدو أن يكون طول هذه الموجة أصغر من حجم الثقب الأسود الذي سوف يتكون . وبالتالي فإنه

يظهر أن عدد الأشكال التي يمكن أن تكون ثقباً أسود له قدر معين من الكتلة وكمية الحركة الزاوية والشحنة الكهربائية ، وهو عدد وإن كان كبيراً جداً إلا أنه قد يكون متناهياً ، وقد طرح بكينشتاين أنه يمكننا ترجمة لوغاريتم هذا العدد على أنه انتروبيا الثقب الأسود . فلوغاريتم هذا العدد سيكون مقياساً لمقدار المعلومات التي فقدت أثناء التقلص بما يتعذر استرداده من خلال الحدث عند تخليق الثقب الأسود .

وظاهرياً فإن ثمة خطأ في الاقتراح الذي طرحه بكينشتاين وهو أنه لو كان للثقب الأسود انتروبيا متناهية تتناسب مع مساحة أفق حدثه ، فإنه ينبغي أن يكون له أيضاً حرارة متناهية تتناسب مع جاذبيته السطحية . وهذا سيتضمن أن الثقب الأسود يمكن أن يكون في حالة توازن مع إشعاع حرارى عند درجة حرارة ما غير درجة الصفر . إلا أنه حسب المفاهيم الكلاسيكية لا يمكن وجود توازن كهذا ، حيث أن الثقب الأسود سوف يمتص أي إشعاع حراري يقع عليه إلا أنه حسب التعريف لن يتمكن من بث أي شيء في مقابله .

ظلت هذه المفارقة موجودة حتى أوائل ١٩٧٤ ، عندما كنت أبحث ما سيكونه سلوك المادة على مقربة من الثقب الأسود حسب ميكانيكا الكم . ولدهشتي العظيمة ، وجدت أن الثقب الأسود في ما يبدو يبث جسيمات بسرعة ثابتة ، وكنت مثل كل واحد غيري وقتها أتقبل كرأى فصل أن الثقب الأسود لا يمكن أن يبث شيئاً ، وبالتالى فقد بذلت جهداً كبيراً في محاولة أن أتخلص من هذه الظاهرة المربكة . ولكنها رفضت أن تختفي ، بحيث كان

عليّ في النهاية أن أتقبلها . والأمر الذي أقنعني نهائياً بأن هذه عملية فيزيائية واقعية هو أن الجسيمات المنبثقة لها طيف هو بالضبط طيف حراري ، فالثقب الأسود يخلق ويبث جسيمات تماماً كما لو كان جسماً ساخنا عادياً له حرارة تتناسب مع الجاذبية السطحية وتتناسب عكسياً مع الكتلة . وهذا يجعل اقتراح بكينشتاين بأن الثقب الأسود له انتروبيا متناهية اقتراحاً كامل الاتساق ، حيث أنه يتضمن أن الثقب الأسود يمكن أن يكون في اتزان حراري عند درجة حرارة ما متناهية غير درجة الصفر .

منذ ذلك الوقت انتهى أفراد آخرون إلى تأكيد البرهان الرياضي على أن الثقوب السوداء يمكنها أن تبث حرارياً وذلك باستخدام طرق تناول مختلفة ، وإحدى الطرائق لفهم هذا البث هي كالتالي : تتضمن ميكانيكا الكم أن الفضاء كله مليء بأزواج من جسيمات ومضادات جسيمات «تقديرية» هي باستمرار تتمدى في أزواج ، ثم تنفصل ، لتتجمع ثانية ويبيد أحدها الآخر . وهذه الجسيمات تسمى بأنها تقديرية لأنها بخلاف الجسيمات «الواقعية» لا يمكن ملاحظتها مباشرة بكشاف الجسيمات . إلا أن تأثيراتها غير المباشرة يمكن قياسها ، وقد ثبت وجود هذه الجسميات عن طريق إزاحة صغيرة (إزاحة لومب) تحدثها الجسيمات في طيف الضوء المنبعث من ذرات هيدروجين في حالة إثارة .[٤] والآن فإنه في وجود ثقب أسود ، قد يسقط جسيم واحد من زوج الجسيمين التقديريين في الثقب ، تاركاً الجسيم الآخر بدون زميله الذي كان سيبيد معه ، والجسيم أو مضاد الجسيم المهجور قد يسقط في الثقب الأسود بعد زميله ،ولكنه أيضاً قد

يفلت إلى اللانهاية حيث يظهر كإشعاع يبثه الثقب الأسود .

وهناك طريقه أخرى للنظر إلى هذه العملية ، وهى أن نعتبر أن العضو الذي يقع في الثقب الأسود من زوج الجسيمين -مثلا مضاد الجسيم- هو في الواقع جسيم ينتقل وراءً في الزمان . وبالتالي ، فإن مضاد الجسيم الذي يقع داخل الثقب الأسود يمكن النظر إليه على أنه جسيم يخرج من الثقب الأسود ولكنه ينتقل وراءً في الزمان . وعندما يصل الجسيم إلى النقطة التي حدث عندها أن تمدّى أصلاً زوج الجسيم -مضاد الجسيم ، فإنه تحدث له استطارة بواسطة المجال الجذبوى بحيث أنه ينتقل أماماً في الزمان .

وبالتالى فإن ميكانيكا الكم تسمح للجسيم بأن يفلت من داخل الثقب الأسود ، وهذا أمر لا تسمح به الميكانيكا الكلاسيكية . على أن هناك مواقف أخرى كثيرة في الفيزياء الذرية والنووية حيث يكون هناك عائق من نوع ما ينبغي ألا تتمكن الجسيمات من اختراقه حسب المبادىء الكلاسيكية ولكنها تتمكن من النفاذ منه حسب مبادىء ميكانيكا الكم .

وسمك الحاجز المحيط بالثقب الأسود يتناسب مع حجم الثقب الأسود . وهذا يعني أن جسيمات قليلة العدد جداً يمكنها أن تفلت من الثقب الأسود الذي يكون حجمه كبيراً مثل الثقب الأسود المفترض وجوده في سيجنوس اكس - ١ ، ولكن الجسيمات يمكنها التسرب بسرعة كبيرة جداً من الثقوب السوداء الأصغر . وتبين الحسابات التفصيلية أن الجسيمات المبثوثة لها طيف حراري يتوافق مع درجة حرارة تتزايد سريعاً كلما انخفضت كتلة الثقوب السوداء . وبالنسبة لثقب أسود له كتلة الشمس ، تكون درجة حرارته هي

فحسب حوالي عشرة أجزاء من المليون من درجة واحدة فوق الصفر المطلق . والإشعاع الحراري الذي يخرج من ثقب أسود له درجة حرارة كهذه سوف يغمر بالكامل في محيط الخلفية العامة للإشعاع في الكون . ومن الناحية الأخرى ، فإن الثقب الأسود الذي تكون كتلته من بليون طن لا غير - أي أنه ثقب أسود بدائى حجمه تقريباً هو حجم البروتون - ستكون حرارته حوالي ١٢٠ بليون درجة كلفين[*] ، وهذه تقابل طاقة تبلغ حوالي عشرة مليون الكترون فولت . وعند درجة الحرارة هذه يكون الثقب الأسود قادراً على تخليق أزواج من الالكترون- البوزيترون وجسيمات كتلتها صفر مثل الفوتونات وجسيمات النيوترينو وكذلك الجرافينونات (مايفترض أنها الجسيمات الحاملة لطاقة الجاذبية) والثقب الأسود البدائي سيطلق طاقة بمعدل ٦٠٠٠ ميجاوات ، أي ما يكافيء نتاج ست محطات قوى نووية كبيرة .

عندما يبث الثقب الأسود الجسيمات ، فإن كتلته وحجمه يتناقصان بمعدل ثابت . وهذا يسهل أن ينفذ للخارج منه المزيد من الجسيمات ، وبالتالي فإن البث سيستمر بمعدل سرعة يتزايد أبدا حتى يحدث في النهاية أن الثقب الأسود يشع نفسه حتى ينتهي وجوده . وعلى المدى الطويل ، فإن كل ثقب أسود في الكون سوف يتبخر بهذه الطريقة على أنه بالنسبة للثقوب السوداء الكبيرة ، فإن الزمن الذي ستستغرقه حتى تتبخر يكون حقاً زمناً طويلاً جداً ، والثقب الأسود الذي تكون كتلته مثل كتلة الشمس يظل باقياً لحوالى ٦٦١٠ سنة . ومن الناحية الأخرى ، فإن الثقب الأسود البدائى

ينبغي أن يكون قد تبخر تقريباً بالكامل خلال الملايين العشرة من السنين التي مرت بعد الانفجار الكبير ، أي بداية الكون كما نعرفها . ومثل هذه الثقوب السوداء ينبغي أن تبث الآن أشعة جاما شديدة النفاذ بطاقة تبلغ حوالى ١٠٠ مليون الكترون فولت .

أجريتُ حسابات أنا ودون ن . بيج الذي كان يعمل وقتها في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا . وتأسست هذه الحسابات على قياسات الخلفية الكونية من إشعاع جاما التي قام بها القمر الصناعى ساس-٢ ، وبينت هذه الحسابات أن الكثافة المتوسطة للثقوب السوداء البدائية في الكون يجب أن تكون أقل من مائتي ثقب لكل سنة ضوئية مكعبة . والكثافة المحلية في مجرتنا يمكن أن تكون أعلى بمائة مثل عن هذا الرقم لو كانت الثقوب السوداء البدائية مركزة في «هالة» المجرات- أي السحابة الرفيعة من النجوم المتحركة بسرعة التي تكون كل مجرة مغمورة فيها - بدلاً من أن تكون موزعة في اتساق خلال الكون كله . وهذا سوف يعني أن الثقب الأسود البدائي الأقرب إلى الأرض هو في ما يحتمل يبعد عنها على الأقل بمثل بعد الكوكب بلوتو .

والمرحلة النهائية لتبخر الثقب الأسود تجرى بسرعة جد كبيرة بحيث أنها تنتهي بانفجار هائل . ومدى قوة هذا الانفجار أمر يعتمد على عدد الأنواع المختلفة من الجسيمات الأولية الموجودة . ولما كانت كل الجسيمات مكونة في ما يحتمل من ستة أنواع مختلفة من الكواركات كما هو معتقد الآن على نطاق واسع ، فإن الانفجار النهائي ستكون له طاقة تكافىء حوالي عشرة

ملايين من القنابل الهيدروجينية ذات الميجا طن الواحد . ومن الناحية الأخرى فإن ثمة نظرية بديلة يطرحها ر .هاجدرون من مركز البحوث النووية الأوروبى في جنيف ، ويحاج فيها بأنه سيكون هناك عدداً لا نهائي من الجسيمات الأولية ذات كتلة أكبر وأكبر ، وكلما أصبح الثقب الأسود أصغر وأشد سخونة ، فإنه سيبث عدد أكبر وأكبر من الأنواع المختلفة من الجسيمات وسوف ينتج انفجاراً يبلغ قدره في ما يحتمل ما يزيد بمائة ألف مثل عن الانفجار المحسوب على أساس فرض الكوارك . وبالتالي فإن رصد انفجار ثقب أسود سوف يمدنا بمعلومات هامة جداً عن فيزياء الجسيمات الأولية . وهى معلومات قد لا تكون متاحة بأى طريقة أخرى .

وأنفجار الثقب الأسود ينتج عنه تدفق شديد لأشعة جاما ذات الطاقة العالية . ورغم أن هذه الأشعة يمكن رصدها بواسطة كشافات أشعة جاما التي على الأقمار الصناعية أو البالونات ، إلا أنه سيكون من الصعوبة أن نطيّر كشافاً كبيراً بما يكفي لأن تكون له فرصة معقولة لاستقبال عدد له دلالته من فوتونات أشعة جاما المنبعثة من أحد الانفجارات . وأحد الاحتمالات الممكنة هو استخدام مكوك فضاء لبناء كشاف ضخم لأشعة جاما يدور في فلك . وثمة بديل آخر أسهل وأرخص كثيراً هو أن نجعل طبقة الغلاف الجوى العليا للأرض تعمل بمثابة كشاف ، فأشعة جاما ذات الطاقة العالية عندما تقتحم الغلاف الجوى سوف تخلق وابلاً من أزواج الالكترون- البوزيترون التي سوف تتحرك في أول الأمر خلال الغلاف الجوى بسرعة أكبر مما يستطيعه الضوء (الضوء سرعته بالتفاعلات مع

جزئيات الهواء) . وبالتالى فإن الالكترونات والبوزيترونات سوف تنشىء نوعاً من الهدير الصوتى ، أو موجة صدمة ، في المجال الكهرومغناطيسى . وموجات الصدمة هذه تسمى إشعاع سيرينكوف ، ويمكن اكتشافها من الأرض كومضة من الضوء المرئى .

ثمة تجربة ابتدائية أجراها نيل أ . بورتر هو وتريفورس . ويكز بكلية الجامعة بدبلن تدل على أنه إذا انفجر الثقب الأسود حسب الطريقة التي تتنبأ بها نظرية هاجدرون سيكون هناك ما هو أقل من انفجارين من الثقوب السوداء لكل سنة ضوئية مكعبة لكل قرن في منطقتنا من المجرة . وهذا يعنى أن كثافة الثقوب السوداء البدائية هي أقل من ١٠٠ مليون لكل سنة ضوئية مكعبة . وينبغي أن يكون في الإمكان أن نزيد حساسية هذه المشاهدات زيادة عظيمة . وحتى لو كان لن ينتج عنها أي برهان إيجابى على وجود الثقوب السوداء البدائية فإنها ستكون ذات فائدة عظيمة . وإذا وضعنا حداً أعلى لكثافة هذه الثقوب السوداء البدائية فإنها ستكون ذات فائدة عظيمة . وإذا وضعنا حداً أعلى لكثافة هذه الثقوب السوداء يكون مقداره منخفضاً ، فإن المشاهدات ستدل على أن الكون المبكر كان ولابد سلساً جداً وغير مضطرب .

والانفجار الكبير يشبه انفجار ثقب أسود ولكنه على نطاق أكبر كثيراً . وبالتالي ، فإننا نأمل أن فهم الطريقة التي تخلق بها الثقوب السوداء الجسيمات سيؤدى إلى فهم مماثل للطريقة التي خلق بها الانفجار الكبير كل شيء في الكون . والثقب الأسود تتقلص فيه المادة وتضيع للأبد ، ولكن

مادة جديدة تتخلق مكانها . وبالتالي ، فربما كان هناك طور أقدم للكون حيث المادة تتقلص فيه ليعاد تخليقها في الانفجار الكبير . والمادة التي تتقلص لتشكل ثقباً أسود ، إذا كانت لها شحنة كهربائية خالصة فإن الثقب الأسود الناتج سيحمل نفس الشحنة . وهذا يعني أن الثقب الأسود سينزع إلى أن يجذب من أزواج الجسيم- مضاد الجسيم التقديريين العضو الذي له شحنة مضادة بينما يتنافر الثقب مع العضو ذى الشحنة المماثلة . وبالتالى فإن الثقب الأسود سوف يبث على وجه التفضيل الجسيمات ذات الشحنة المماثلة لشحنته ، وبهذا فإنه سيفقد بسرعة شحنته . وبالمثل ، إذا كانت المادة المتقلصة لها حركة زاوية خالصة فإن الثقب الأسود الناتج سيكون في حالة دوران وسوف يبث على وجه التفضيل الجسيمات التي تحمل بعيداً حركته الزاوية . والسبب في أن الثقب الأسود «يتذكر» ما للمادة المتقلصة من شحنة كهربائية وكمية حركة زاوية وكتلة بينما «ينسى» كل شيء آخر ، هو أن هذه المقادير الثلاثة تقترن بمجالات ذات مدى طويل هى : المجال الكهرومغناطيسي في حالة الشحنة ومجال الجاذبية في حالة كمية الحركة الزاوية والكتلة .

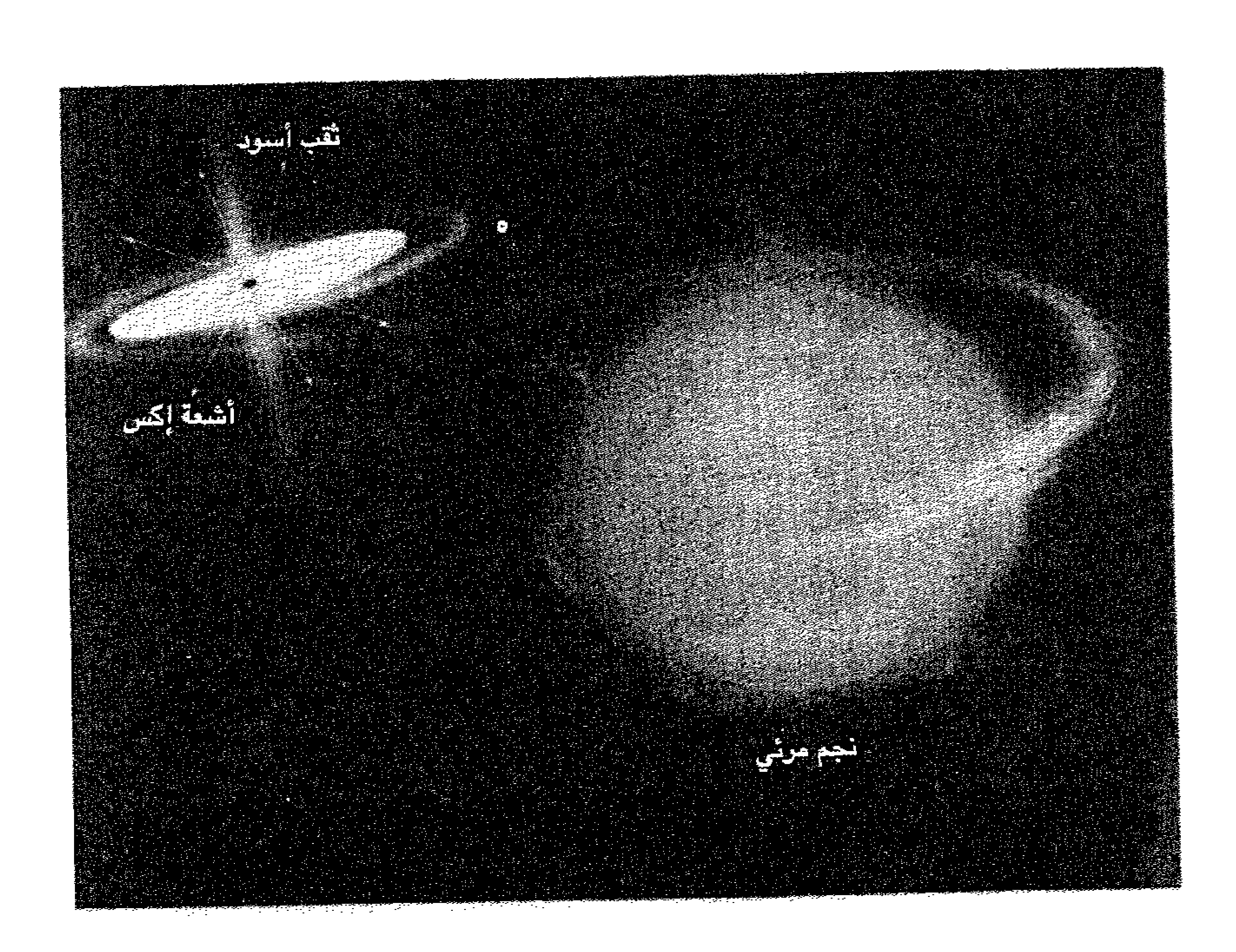
هذا وتدل التجارب التي أجراها روبرت هـ . دايك بجامعة برنستون ، وفلاديمير براجنسكى بجامعة ولاية موسكو ، تدل على أنه لا يوجد مجال ذو مدى طويل يكون مصحوباً بالخاصية الكمية المسماة العدد الباريوني (الباريونات نوع من الجسيمات يشمل البروتون والنيوترون) ، وبالتالي فإن الثقب الأسود الذي ينشأ عن تقلص مجموعة من البالونات سوف ينسى

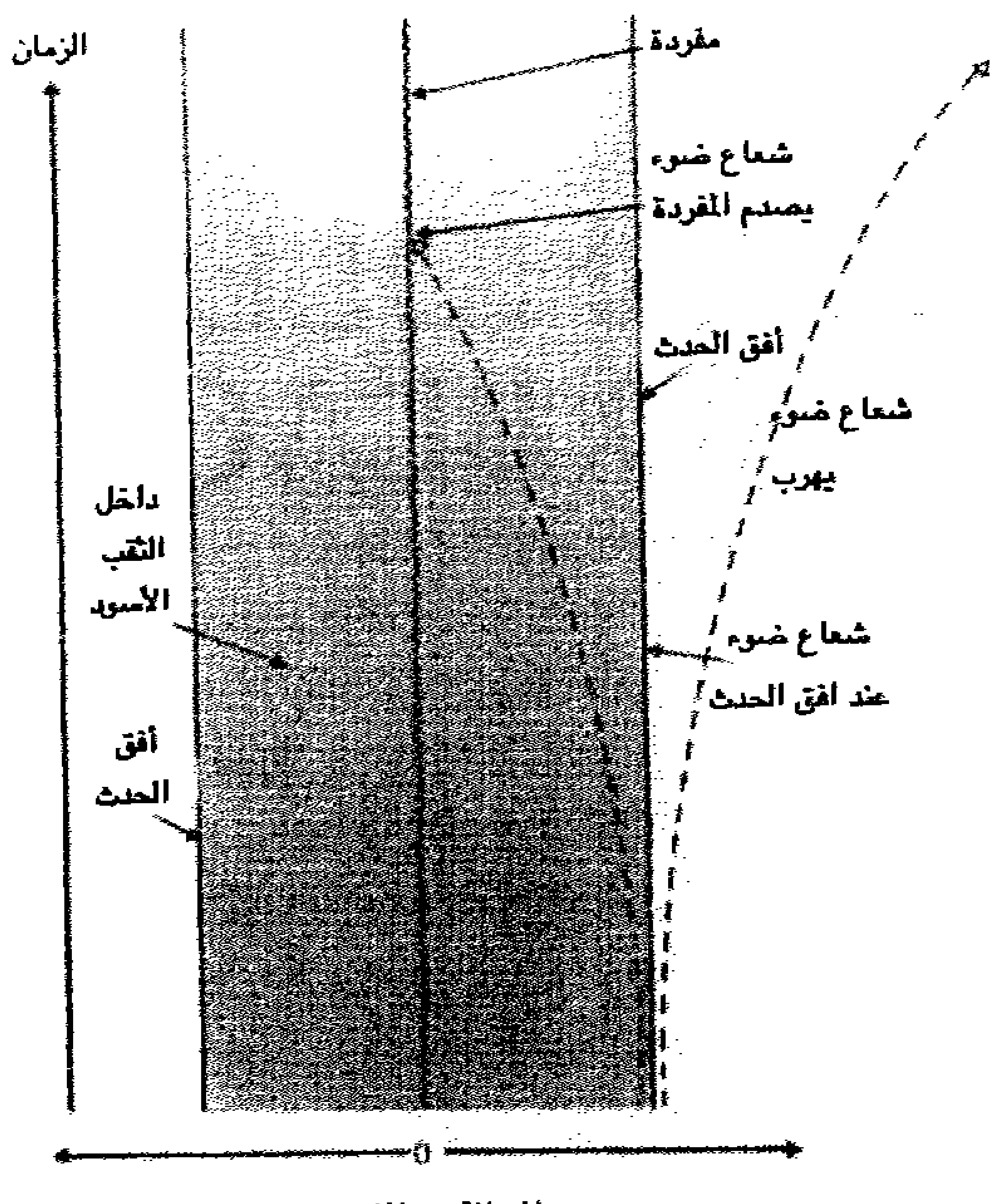
عدده الباريوني ويشع كميات متساوية من الباريونات ومضادات الباريونات .

وفرض بكينشتاين بأن الثقوب السوداء لها انتروبيا متناهية يتطلب لتماسكه كفرض أن تشع الثقوب السوداء في ما ينبغى إشعاعاً حرارياً ، وغم هذا إلا أنه مما يبدو كمعجزة كاملة للوهلة الأولى أن الحسابات التفصيلية لميكانيكا الكم في ما يتعلق بتخليق الجسيمات ينبغي أن تؤدي إلى بث له طيف حرارى . وتفسير ذلك هو أن الجسيمات المبثوثة تنفذ خارج الثقب الأسود من منطقة لا يعرف الملاحظ الخارجي أي شيء عنها سوى كتلتها وكمية حركتها الزاوية وشحنتها الكهربائية . وهذا يعني تساوي احتمال وجود أي توليفات للجسيمات المبثوثة أو أي أشكال للجسيمات المبثوثة ، يكون لها نفس الطاقة وكمية الحركة الزاوية والشحنة الكهربائية . والحقيقة أن من الجائز أن الثقب الأسود يمكنه أن يبث جهاز تليفزيون أو مؤلفات بروست في عشرة أجزاء مغلفة كلها بالجلد ، ولكن عدد أشكال الجسيمات المناظرة لهذه الاحتمالات الغريبة هو صغير إلى حد التلاشي . وإلى حد بعيد ، فإن أكبر عدد من الأشكال إنما يناظر بثاً له طيفٌ يكاد يكون حرارياً .

والبث من الثقوب السوداء له قدر إضافى من عدم اليقين . أو عدم إمكان التنبؤ ، يزيد ويعلو على قدر عدم اليقين الذي يصاحب عادة ميكانيكا الكم . وفى الميكانيكا الكلاسيكية نستطيع أن نتنبأ بنتائج قياس موضع وسرعة الجسيم معا . أما في ميكانيكا الكم فإن مبدأ عدم اليقين

يذكر أننا لا يمكن أن نتنبأ إلا بواحد فحسب من هذين القياسين ، فالملاحظ يستطيع أن يتنبأ بنتيجة قياس إما الموضع أو السرعة ولكن ليس الاثنين معا . والبديل لذلك أنه يستطيع أن يتنبأ بنتيجة قياس توليفة من الموضع والسرعة . وبالتالى ، فإن قدرة الملاحظ على صنع تنبؤات أكيدة تنقص بالفعل إلى النصف . أما مع الثقوب السوداء فإن الموقف يصبح حتى أسوأ . فحيث أن الجسيمات التي يبثها الثقب الأسود تأتى من منطقة تكون معرفة الملاحظ بها معرفة محددة جداً ، فإنه لا يستطيع أن يتنبأ على وجه التحديد بموضع أو سرعة الجسيم أو أي توليفة من الاثنين ، وكل ما يمكنه أن يتنبأ به هو الاحتمالات بأن جسيمات معينة سوف تبث ، وبالتالي ، فإنه يبدو أن إينشتين أخطأ خطأ مضاعفاً في مقولته عن النرد . فالنظر في أمر بث الجسيمات من الثقوب السوداء يطرح علينا أن النرد يلقى به أحيانا حيث لا يمكن رؤيته .


ثقب أسود
أشعة إكس
نجم مرئي


الزمان
مفردة
شعاع ضوء
يصدم المفردة
أفق الحدث
شعاع ضوء
يهرب
داخل
الثقب
الأسود
شعاع ضوء
عند أفق الحدث
أفق
الحدث
0
المسافة من المفردة

هوامش

(١) مقال نشر في مجلة سيانتيفيك اميريكان في يناير ١٩٧٧

(٢) سرعة الإفلات من السطح هي أقل سرعة ابتدائية ينطلق بها جسم ما للتغلب على تأثير جاذبية النجم أو الكوكب الموجود عليه هذا الجسم حتى يفلت إلى الفضاء. وهى في حالة الأرض ١١كم في الثانية وفي حالة الشمس ٦١٨كم في الثانية (المترجم).

(٣) كمية الحركة الزاوية هي حاصل ضرب عزم القصور الذاتي لجسم يدور حول محور السرعة الزاوية حول المحور. والسرعة الزاوية هي معدل تغير زاوية دوران جسم ما مع الزمن (مترجم)

(٤) حالة الإثارة هي رفع طاقة الذرّة فوق منسوب أقل طاقة لها نتيجة امتصاصها لفوتونات أو لحدوث تصادم لا مرن بها. (المترجم).

(٥) وحدة درجة حرارة المقياس الديناميكي الحراري الذي وضعه لورد كلفين العالم البريطاني. ودرجة الصفر في هذا المقياس تعادل −٢٧٣ درجة مئوية. (المترجم)

11

الثقوب السوداء والأكوان الطفلة[1]

السقوط في أحد الثقوب السوداء أصبح الآن من الأحوال التي ترد في روايات الخيال العلمي . والحقيقة أنه يمكن الآن القول بأن الثقوب السوداء هي في الواقع أمور من الحقيقة العلمية بأوْلى من أن تكون من أمور روايات الخيال العلمي . وكما سأصف فيما بعد فإن هناك أسباباً وجيهة لأن نتنبأ بأن الثقوب السوداء ينبغي أن تكون موجودة ، وبرهان المشاهدات يدل بقوة على وجود عدد من الثقوب السوداء في مجرتنا نحن وعلى وجود المزيد في المجرات الأخرى .

وبالطبع ، فإن ما ينجح فيه مؤلفو روايات الخيال العلمي نجاحاً ملحوظاً هو ما يكتبونه عما يحدث للواحد منا لو هوى بالفعل داخل ثقب أسود . واحد الاقتراحات الشائعة هو أنه لو كان الثقب الأسود في حالة دوران ،

فسيكون من الممكن أن يسقط المرء من خلال ثقب صغير في المكان- الزمان ليخرج إلى منطقة أخرى من الكون . ومن الواضح أن هذا ينشأ عنه إمكانات عظيمة بالنسبة للسفر في الفضاء . ونحن سنحتاج حقاً إلى شيء كهذا إذا كان السفر إلى النجوم الأخرى سيصبح من الفروض العلمية في المستقبل ، ناهيك عن السفر إلى المجرات الأخرى . وبغير ذلك فإن حقيقة أن الاشياء لا يمكن أن تنتقل بأسرع من الضوء ستعني أن رحلة الذهاب والإياب لأقرب نجم سوف تستغرق على الأقل ثمانية أعوام . وهذا يكفي بالنسبة لقضاء عطلة آخر الأسبوع فوق قنطورس ألفا ! ومن الناحية الأخرى ، لو أمكن للواحد منا أن يمر من خلال ثقب أسود ، فإنه قد يخرج منه ثانية إلى أي مكان في الكون . وليس من الواضح تماماً كيف ستختار وجهتك . ولعلك تبدأ رحلتك لقاء العطلة في برج العذراء فتنتهي إلى سديم السرطان .

ويؤسفني أني سأخيب من أمل سواح المجرات المرتقبين ، ذلك أن هذا السناريو ليس مما يصلح : فلو أنك قفزت داخل ثقب أسود ، فسوف تتمزق بدداً وتنسحق من الوجود على أنه بمعنى ما ، فإن الجسيمات التي تكون جسدك سوف تظل مستمرة في كون آخر . ولست أعرف إن كان ثمة عزاء كبير للمرء حين يعرف أنه عندما يتحول لما يشبه السبا حتى في الثقب الأسود فإن جسيماته ربما ستبقى موجودة .

ورغم ما اتخذته هنا من لهجة مستهينة بعض الشيء ، إلا أن هذا المقال مبني على صلب العلم . ومعظم ما قلته هنا هو مما يتفق عليه الآن العلماء

الآخرون الذين يعملون في هذا المجال ، وإن كانت هذه الموافقة لم تحدث إلا في وقت متأخر نوعا . على أن الجزء الأخير من مقالي هذا يتأسس على بحث حديث جداً ليس هناك حتى الآن إجماع بشأنه لكن هذا البحث يثير اهتماماً وانفعالاً عظيمين .

إن مفهوم ما نسميه الآن بالثقب الأسود يرجع وراءً لما يزيد عن المائتي سنة . إلا أن اسم الثقب الأسود ، لم يطرح إلا في ١٩٦٧ بواسطة الفيزيائي الأمريكي جون هويلر . وكان هذا عملا فذاً : فقد أكد الاسم دخول الثقوب السوداء لأساطير روايات الخيال العلمي . كما أنه حفز البحث العلمي بأن وفر اسماً محدداً لشيء لم يكن له فيما مضى عنوان يرضي . وينبغي ألا نقلل من تقدير ما للاسم الجيد من أهمية في العلم .

وبقدر ما أعلم ، فإن أول شخص ناقش أمر الثقوب السوداء كان من رجال كمبردج ويدعى جون ميتشيل ، وقد كتب ورقة بحث عن الثقوب السوداء في ١٧٨٣ . وفكرته كانت كالتالي : هب أننا أطلقنا طلقة مدفع من سطح الأرض عمودياً لأعلى . أثناء انطلاق الطلقة عالياً سوف يؤدى تأثير الجاذبية إلى الإبطاء من سرعتها . وفي النهاية فإنها ستتوقف عن الارتفاع وستعود لتهبط على الأرض ، على أنه إذا بدأت الطلقة بسرعة تزيد عن سرعة حرجة معينة ، فإنها لن تتوقف أبداً عن الارتفاع لتهبط ثانية ، وإنما سوف تواصل الحركة مبتعدة . وهذه السرعة الحرجة تسمى سرعة الإفلات . وهى بالنسبة للإفلات من الأرض حوالي سبعة أميال في الثانية ، وبالنسبة للشمس حوالي مائة ميل في الثانية . وهاتان السرعتان كلتاهما

أكبر من سرعة طلقة المدفع الحقيقية ، ولكنهما أصغر كثيراً من سرعة الضوء ، وهي ۱۸٦, ۰۰۰ ميل في الثانية . وهذا يعني أن الجاذبية ليس لها تأثير كبير على الضوء فالضوء يمكنه الإفلات بسهولة من الأرض أو الشمس ، إلا أن ميتشيل يجادل بأن من الجائز أن يكون هناك نجم يبلغ من كبر كتلته ومن صغر حجمه ما يكفي لأن تكون سرعة الإفلات منه أكبر من سرعة الضوء ، ولن نستطيع أن نرى نجما كهذا لأن الضوء المنبث من سطحه لن يصل إلينا ، فهو سيُشدُّ وراءً بواسطة المجال الجذبوي للنجم . على أننا قد يمكننا الكشف عن وجود هذا النجم بما سيكون لمجاله الجذبوي من تأثير على المادة المجاورة له .

وليس مما يتسق أن نتعامل مع الضوء مثل قذائف المدفع . والضوء حسب التجربة التي أجريت في ۱۸۹۷ ينتقل دائماً بنفس السرعة الثابتة . كيف يمكن للجاذبية أن تبطىء من سرعة الضوء؟ لم تظهر نظرية متماسكة عن كيفية تأثير الجاذبية في الضوء إلا في ۱۹۱٥ ، عندما صاغ إينشتين نظرية النسبية العامة ، ورغم هذا ، فإن دلالات هذه النظرية بالنسبة للنجوم القديمة وغيرها من الأجرام ذات الكتلة الكبيرة لم يتم إدراكها عامة إلا في الستينات .

وحسب النسبية العامة ، يمكن النظر إلى المكان والزمان على أنهما يكونان معاً مكاناً ذا أربعة أبعاد يسمى المكان- الزمان . وهذا المكان ليس مسطحا ، فهو مشوه أو محنى بتأثير ما فيه من مادة وطاقة . ونحن نرصد هذا الانحناء في ما يحدث من انحناء للضوء أو موجات الراديو التي تتحرك

بالقرب من الشمس وهى في طريقها إلينا . وفي حالة الضوء الذي يمر بجوار الشمس يكون الانحناء صغيراً جداً . على أنه لو حدث للشمس أن انكمشت إلى أن يصبح نصف قطرها عدة أميال فحسب ، فإن الانحناء سيكون كبيراً جداً حتى أن الضوء الذي يغادر الشمس لن يبتعد عنها وإنما سيُشدُّ وراءَ بواسطة المجال الجذبوي للشمس .

وحسب نظرية النسبية ، فإنه ما من شيء يمكنه الانتقال بسرعة أكبر من الضوء ، وهكذا سوف تكون هناك منطقة يكون من المستحيل فيها على أي شيء أن يفلت وهذه المنطقة تسمى ثقباً أسود . وحدّه يسمى أفق الحدث . وهو يتكون بواسطة الضوء الذي يفشل توها في الابتعاد عن الثقب الأسود وإنما يظل محوماً على الحرف .

لعله مما يبدو مضحكا أن نطرح أن الشمس يمكن أن تنكمش ليصبح نصف قطرها أميالاً معدودة لا غير ، وقد يظن المرء أن المادة لا يمكن أن تكبس إلى هذا الحد . ولكن ما يثبت في النهاية هو أن هذا ممكن .

إن الشمس هي على ما هي عليه من حجم لأنها ساخنة جدا . فهي تحرق الهيدروجين ليتكون هيليوم ، كما يحدث في قنبلة هيدروجينية محكومة . والحرارة التي تنطلق في هذه العملية تولد ضغطاً يجعل الشمس قادرة على مقاومة الجذب الموجود بتأثير جاذبيتها هي نفسها ، فهذه الجاذبية تحاول أن تجعل الشمس أصغر .

على أن الشمس في النهاية سينفد مالديها من وقود نووي ، وهذا لن يحدث إلا بعد حوالى خمسة بلايين عام ، وبالتالي فليس ما يدعو لأن

نتعجل كثيراً في حجز تذكرة للطيران إلى نجم آخر . إلا أن النجوم التي لها كتلة أكبر من الشمس ستحرق وقودها بسرعة أكبر كثيراً من الشمس . وعندما تنهي هذه النجوم وقودها ، فإنها ستأخذ في فقدان حرارتها وتنكمش وإذا كانت كتلتها أقل عما يقرب من ضعف كتلة الشمس ، فإن هذه النجوم سوف تتوقف في النهاية عن الانكماش وسوف تستقر في إحدى الحالات الثابتة . وإحدى هذه الحالات هي ما يسمى بالقزم الأبيض . وهذه الأقزام لها نصف قطر من الآف معدودة من الأميال وكثافتها تبلغ مئات الأطنان لكل بوصة مربعة . وثمة حالة أخرى من الحالات الثابتة هي النجم النيوتروني . وهذه النجوم لها نصف قطر من حوالي عشرة أميال وكثافة تبلغ ملايين الأطنان لكل بوصة مربعة .

ونحن نرصد عدداً كبيراً من الأقزام البيضاء في جيرتنا المباشرة في المجرة . إلا أن النجوم النيوترونية لم يتم رصدها إلا في ١٩٦٧ ، عندما اكتشفت جوسلين بل هي وأنتونى هيويش بكمبردج أجراماً سمياها النابضات تبث نبضات منتظمة من موجات الراديو . وفى أول الأمر ، ظلا تيساءلان عما إذا كانا قد توصلا إلى الاتصال بحضارة أخرى غريبة ، بل إنى أذكر أن حجرة الندوات التي أعلنا فيها اكتشافهما كانت مزينة برسوم «لرجال خضر أقزام»[٢] . على أنهما توصلا في النهاية هما وكل واحد آخر إلى استنتاج أقل رومانسية ، وهو أن هذه الأجرام هي نجوم نيوترونية دوارة . وكان في هذا أنباء سيئة بالنسبة لمؤلفي مغامرات الفضاء وإن كان فيه أنباء جيدة بالنسبة للأفراد القليلين منا الذين كانوا يؤمنون وقتها بوجود ثقوب

سوداء . فإذا كان يمكن للنجوم أن تنكمش إلى نصف قطر صغير من عشرة أو عشرين ميلاً لتصبح نجوما نيوترونية . فإن لنا أن نتوقع أن نجوماً أخرى يمكن أن تنكمش انكماشاً أكثر لتصبح ثقوباً سوداء .

وإذا كانت كتلة النجم تزيد عن حوالي ضعف كتلة الشمس ، فإن النجم لن يستطيع أن يستقر كقزم أبيض أو نجم نيوتروني . وفي بعض الحالات ، قد ينفجر النجم ليرمي بعيداً قَدْراً من المادة يكفي لأن يصل بكتلته إلى ما هو أقل من الحد اللازم . ولكن هذا لا يحدث في كل الحالات . فبعض النجوم ستصبح صغيرة جداً حتى أن مجالاتها الجذبوية تحني الضوء إلى النقطة التي يعود فيها الضوء ثانية إلى النجم . ولن يكون أي ضوء آخر أو أي شيء آخر قادراً على الإفلات ، وبهذا تكون هذه النجوم قد أصبحت ثقوباً سوداء .

وقوانين الطبيعة لها سمترية زمانية . وبالتالي ، فإذا كان هناك أجرام تسمى ثقوباً سوداء حيث يمكن للأشياء أن تهوي لداخلها ولكن لا يمكنها الخروج منها ، فإنه ينبغي أن تكون هناك أجرام أخرى حيث يمكن للاشياء أن تخرج منها ولكنها لا يمكنها أن تهوي لداخلها . ويمكننا أن نسمي هذه بالثقوب البيضاء . ويمكن للمرء أن يخمن أن الواحد منا يستطيع أن يقفز لداخل ثقب أسود في أحد الأماكن ليخرج من ثقب أبيض في مكان آخر . وستكون هذه هي الطريقة المثالية لما سبق ذكره من السفر في الفضاء لمسافات طويلة . وكل ما سنحتاجه هو أن نجد ثقباً أسود على مقربة .

وفي أول الامر ، بدا أن هذا الشكل من السفر في الفضاء هو أمر ممكن . وهناك حلول لنظرية النسبية العامة لإينشتين يمكن فيها أن نهوي داخل ثقب

أسود ثم نخرج من ثقب أبيض . على أن أبحاثا تالية بينت أن هذه الحلول كلها جد قلقة : فأقل اضطراب يحدث ، مثل وجود إحدى سفن الفضاء ، سوف يدمر «الثقب الدودي» أو الممر الذي يؤدي من الثقب الأسود إلى الثقب الأبيض . وسوف تتمزق سفينة الفضاء بدءاً بقوة ذات شدة لا نهائية . وسيكون الأمر مثل عبور شلالات نياجرا في برميل .

بدت الأمور بعدها ميئوساً منها . فالثقوب السوداء قد تكون مفيدة في التخلص من القمامة أو حتى من بعض الأصدقاء . ولكنها «بلد لا يعود منها أي مسافر» . على أن كل ما قلته حتى الآن قد تأسس على حسابات تستخدم نظرية النسبية العامة لإينشتين . وهذه النظرية تتفق على نحو ممتاز مع كل المشاهدات التي رصدناها . ولكننا نعرف أنها لا يمكن أن تكون صحيحة تماما لأنها لا تتضمن مبدأ عدم اليقين لميكانيكا الكم . ومبدأ عدم اليقين يذكر أن الجسيمات لا يمكن أن يكون لها معاً موضع محددٌ تحديداً جيداً وسرعة محددة تحديداً جيداً ، وكلما زادت دقة قياسنا لموضع الجسيم ، قلت قدرتنا على دقة قياس سرعته ، والعكس بالعكس .

في ١٩٧٣ بدأت استقصيتُ أوجهَ الاختلاف التي يؤدي لها تطبيق مبدأ عدم اليقين بالنسبة للثقوب السوداء ووجدت . لدهشتي العظيمة ودهشة كل فرد آخر ، أن هذا سيعنى أن الثقوب السوداء ليست سوداء بالكامل . فهى تبث إشعاعاً وجسيمات بمعدل ثابت . وقوبلت نتائجي بإنكار كامل عندما أعلنتها في مؤتمر بالقرب من أكسفورد . وقال رئيس الجلسة أنها هراء ، وكتب ورقة بحث تقول ذلك . على أنه عندما كرر أفراد آخرون

حساباتي ، وجدوا نفس الظاهرة . وبالتالى ، تم في النهاية الموافقة على أني على صواب حتى من رئيس تلك الجلسة .

كيف يمكن لإشعاع أن يفلت من المجال الجذبوي لثقب أسود؟ هناك عدد من الطرائق التي يستطيع الواحد أن يفهم بها كيفية ذلك . ورغم أنها تبدو مختلفة جداً ، إلا أنها في الحقيقة كلها متكافئة ، وإحدى هذه الطرائق هي إدراك أن مبدأ عدم اليقين يسمح للجسيمات بأن تنتقل بأسرع من الضوء لمسافة قصيرة ، وهذا يمكّن الجسيمات والإشعاع من الخروج من خلال أفق الحدث والإفلات من الثقب الأسود ، وبالتالي ،فإنه يمكن للأشياء أن تخرج من الثقب الأسود ، على أن ماسيخرج من الثقب الأسود سيكون مختلفاً عما هوى لداخله . والطاقة وحدها هي التي ستكون متماثلة .

وعندما يبث الثقب الأسود الجسيمات والإشعاع فإنه يفقد من كتلته ، وهذا سيجعل الثقب الأسود يصبح أصغر فيبث الجسيمات بسرعة أكبر . وفي النهاية ، فإن كتلته ستنخفض الى كتلة الصفر فيختفي تماماً . ما الذي سيحدث عندها للاشياء التي هوت داخل الثقب الأسود ، بما في ذلك مايمكن أن يسقط فيه من سفن فضاء ؟ حسب بعض الأبحاث الحديثة لي ، ستكون الإجابة هي أن هذه الأشياء سوف تدخل إلى كونٍ طفلٍ صغيرٍ خاص بها . فثمة كون صغير مستقل بذاته يتفرع من منطقتنا من الكون . وهذا الكون الطفل قد ينضم ثانية لمنطقتنا من المكان - الزمان . وإذا فعل ذلك ، سيبدو لنا على أنه ثقب أسود آخر قد تشكل ثم تبخر . والجسيمات التي هوت داخل أحد الثقوب السوداء سوف تبدو كجسيمات يبثها الثقب

الأسود الآخر والعكس بالعكس .

إن هذا يبدو وكأنه المطلوب بالضبط لإتاحة السفر في الفضاء عبر الثقوب السوداء . فما على الواحد منا إلا أن يوجه سفينة فضائه لداخل الثقب الأسود الملائم . ومن الأفضل أن يكون ثقباً كبيراً نوعاً ما ، وإلا فإن القوى الجذبوية سوف تمزقنا إلى خيوط كالاسباجتي قبل الوصول للداخل . وسنأمل بعدها أن نعاود الظهور خارجين من ثقب آخر ، وإن كنا لا نستطيع اختيار مكان ذلك .

على أن ثمة عقبة في طريق هذه الخطة للانتقال ما بين المجرات فالأكوان الطفلة التي تأخذ الجسيمات التي هوت داخل الثقب تحدث في ما يسمى بالزمان التخيلي . أما في الزمان الواقعي فإن رائد الفضاء الذي يهوي داخل الثقب الأسود سيصل إلى نهاية مؤلمة . فهو سوف يتمزق بدءاً بفعل الفارق بين الجاذبية التي على رأسه وتلك التي على قدميه . بل وحتى الجسيمات التي كانت تكون جسده ، لن يكتب لها البقاء . فتواريخها في الزمان الواقعي ستعمل إلى نهايتها في مفردة . أما تواريخ الجسيمات في الزمان التخيلي فأنها ستستمر . وسوف تمر الجسيمات إلى الكون الطفل وتعاود الخروج كجسيمات يبثها ثقب أسود آخر وبالتالي ، فإن رائد الفضاء سيحدث له بمعنى ما أن ينتقل إلى منطقة أخرى من الكون . على أن الجسيمات التي تخرج لن تشبه كثيراً رائد الفضاء . كما أنه لن يكون مما يعزي رائد الفضاء كثيراً أن يعرف أنه عندما يقع على مفردة في الزمان الواقعي فإن جسيماته ستظل باقية في الزمان التخيلي ، وبالتالي فإن كل

من سيهوي داخل ثقب أسود يجب أن يكون شعاره : «هيا نفكر تفكيراً تخيلياً» .

ما الذي يحدد أين ستعاود الجسيمات خروجها؟ إن عدد الجسيمات في الكون الطفل سيكون مساوياً لعدد الجسيمات التي هوت داخل الثقب الأسود مضافاً إليه عدد الجسيمات التي يبثها الثقب الأسود أثناء تبخره . وهذا يعنى أن الجسيمات التي هوت داخل أحد الثقوب السوداء سوف تخرج من ثقب آخر له تقريباً نفس الكتلة . وبالتالي ، فإن المرء قد يحاول اختيار المكان الذي ستخرج منه الجسيمات ، بتخليق ثقب أسود له نفس كتلة الثقب الذي هوت الجسيمات داخله ، على أنه سيوجد احتمال مساوٍ لذلك بأن يبث الثقب الأسود أي مجموعة أخرى من الجسيمات لها نفس الطاقة الكلية . وحتى لو بثّ الثقب الأسود فعلاً النوع الملائم من الجسيمات ، فإننا لن يمكننا أن نعرف ما إذا كانت هذه الجسيمات هي بالفعل نفس الجسيمات التي هوت داخل الثقب الآخر . فالجسيمات لا تحمل معها بطاقات هوية . وكل الجسيمات التي تنتمي لنوع معين تبدو متشابهة .

ما يعنيه هذا كله هو أن الانتقال من خلال ثقب أسود هو أمر ليس مما يحتمل أن يثبت أنه سيكون الوسيلة الشائعة التي يعتمد عليها للسفر في الفضاء . فأول كل شيء سيكون علينا أن نصل إلى هناك بواسطة السفر في الزمان التخيلي وألا نبالي بأن تاريخنا في الزمان الواقعي سيصل إلى نهاية مؤلمة . وثانياً ، فإننا لن نستطيع في الواقع أن نختار وجهتنا . وسيكون الأمر

مثل السفر على بعض من خطوط الطيران التي يمكنني ذكر اسمها .

ورغم أن الأكوان الطفلة قد لا تكون ذات فائدة كبيرة للسفر في الفضاء ، إلا أن لها دلالات هامة بالنسبة لمحاولتنا العثور على نظرية موحدة كاملة توصف كل شيء في الكون . ونظرياتنا الحالية تحوي عدداً من المقادير ، مثل مقدار الشحنة الكهربائية على الجسيم ، هي مقادير لا يمكن التنبوء بقيمتها من نظرياتنا هذه ، وبدلاً من ذلك فإنها مما يجب اختياره بحيث تتفق مع المشاهدات . على أن معظم العلماء يعتقدون بأن نظرية ما موحدة تكمن في مكان ما وسوف تتنبأ بقيم كل هذه المقادير .

قد يكون هناك حقاً نظرية كامنة من هذا النوع . وأقوى النظريات المرشحة حالياً هي نظرية الأوتار الفائقة . والفكرة فيها هي أن المكان- الزمان مليء بأنشوطات صغيرة ، مثل قطع من أحد الأوتار . وما نعتقد أنه جسيمات أولية إنما هي في الواقع هذه الأنشوطات الصغيرة التي تتذبذب بطرائق مختلفة . وهذه النظرية لا تحوي أي أعداد يمكن تعديل قيمتها . وبالتالى فإننا نتوقع أن هذه النظرية الموحدة ينبغي أن تكون قادرة على التنبؤ بكل قيم المقادير من مثل الشحنة الكهربائية لأحد الجسيمات ، وهى المقادير التي تترك بغير تحديد في نظرياتنا الحالية . ورغم أننا لم نتمكن بعد من التنبؤ بأى من هذه المقادير من خلال نظرية الوتر الفائق ، إلا أن أفراداً كثيرين يؤمنون بأننا سنكون قادرين في النهاية على فعل ذلك .

على أنه إذا كانت هذه الصورة عن الأكوان الطفلة صورة صحيحة ، فإن قدرتنا على التنبؤ بهذه المقادير سوف تنخفض . وسبب ذلك هو أننا لا

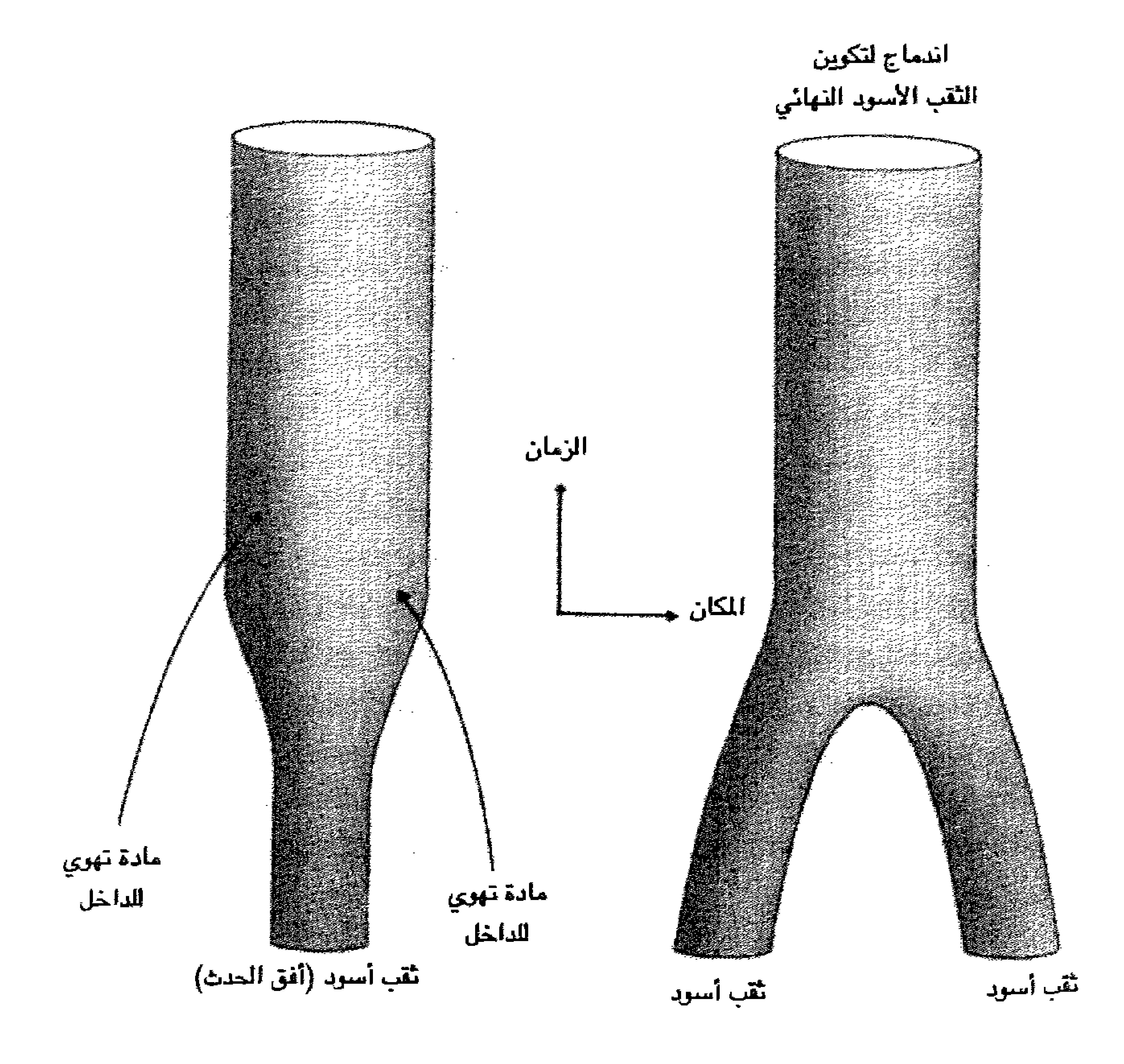
يمكننا رصد عدد ما هنالك من الأكوان الطفلة الموجودة في ترقب للانضمام إلى منطقتنا من الكون . ومن الممكن أنه توجد أكوان طفلة تحوي فحسب عدداً قليلاً من الجسيمات . وستكون هذه الأكوان الطفلة صغيرة جداً بحيث أننا لن نلحظها وهى تنضم أو تتفرع . إلا أنها عندما تنضم سوف تغير من القيم الظاهرية للمقادير التي من مثل الشحنة الكهربائية لأحد الجسيمات ، وبالتالي ، فإننا لن نكون قادرين على التنبؤ بما ستكونه القيم الظاهرية لهذه المقادير لأننا لا نعرف عدد الأكوان الطفلة التي تترقب هنالك ، ومن الممكن أن ثمة انفجار سكاني من الأكوان الطفلة . على أنه بخلاف الحال مع البشر ، يبدو أنه لا وجود هنا لعوامل مقيدة مثل توفير الطعام أو الحيز المتاح . فالأكوان الطفلة توجد في مملكة خاصة بها . والأمر يشبه إلى حد ما أن نسأل عن عدد الملائكة التي يمكن أن ترقص فوق رأس دبوس .

وفي ما يبدو ، فإن الأكوان الطفلة تؤدى بالنسبة لمعظم المقادير إلى إدخال قدر محدد من عدم اليقين في القيم التي يتم التنبؤ بها ، وإن كان ذلك القدر صغيراً نوعاً ، على أنها يمكن أن تمدنا بتفسير للقيمة التي لوحظت بالنسبة لمقدار مهم جداً : هو ما يسمى بالثابت الكوني . وهذا مصطلح يستخدم في معادلات النسبية العامة ويجعل للمكان- الزمان نزعة جبلية للتمدد أو الانكماش . وقد طرح إينشتين في الأصل ثابتاً كونياً صغيراً جداً على أمل أن يوازن نزعة المادة إلى أن تجعل الكون ينكمش إلا أن دافعه هذا اختفى حينما تم اكتشاف أن الكون يتمدد . على أنه لم يكن من السهل جداً

التخلص من الثابت الكوني . وقد يتوقع المرء أن التراوحات التي تتضمنها ميكانيكا الكم ستؤدي إلى إعطاء ثابت كوني كبير جداً . إلا أننا نستطيع أن نلاحظ كيف يتباين تمدد الكون بمرور الوقت ، وبالتالي نستطيع أن نحدد أن الثابت الكوني صغير جداً . وحتى الآن ، لا يوجد تفسير وجيه للسبب في أن القيمة الملاحظة ينبغي أن تكون صغيرة هكذا . على أن الأكوان الطفلة عندما تتفرع للخارج ثم تنضم سوف تؤثر في القيمة الظاهرية للثابت الكوني . وحيث أننا لا نعرف عدد ما يوجد هنالك من الأكوان الطفلة ، فسوف يكون للثابت الكوني الظاهري قيم محتملة مختلفة . على أن القيمة التي تقارب الصغر ستكون إلى حد كبير هي القيمة الأكثر احتمالاً وهذا لحسن حظنا ، لأن الكون لن يكون مناسباً لكائنات مثلنا إلا فحسب عندما تكون قيمة الثابت الكوني صغيرة جداً .

ملخص ما سبق هو أنه يبدو أن الجسيمات يمكن أن تهوي داخل الثقوب السوداء وأن هذه الثقوب تتبخر بعدها وتختفي من منطقتنا من الكون . والجسيمات ترحل إلى أكوان طفلة تتفرع من كوننا . وهذه الأكوان الطفلة يمكنها أن تضم ثانية عند مكان آخر .وهي قد لا تكون ذات فائدة كبيرة للسفر في الفضاء . ولكن وجودها يعنى أن قدرتنا على التنبؤ ستكون أقل مما توقعنا ، حتى لو وجدنا بالفعل النظرية الموحدة الكاملة . ومن الناحية الأخرى ، فإننا الآن قد نكون قادرين على إعطاء تفسيرات للقيم التي تم قياسها لبعض المقادير مثل الثابت الكوني ، وقد أخذ افراد كثيرون في السنوات القليلة الأخيرة في البحث في الأكوان الطفلة . ولست أعتقد أن

أي فرد سوف يكسب ثروة من تسجيل براءة اختراع لها كوسيلة للسفر في الفضاء . إلا أن الأكوان الطفلة قد أصبحت مجالاً للبحث مثيراً جداً .


اندماج لتكوين
الثقب الأسود النهائي
الزمان
المكان
مادة تهوي
للداخل
مادة تهوي
للداخل
ثقب أسود (أفق الحدث)
ثقب أسود
ثقب أسود

هوامش

(١) محاضرة هتشكوك، ألقيت في جامعة كاليفورنيا- بيركلي، أبريل ١٩٨٨م.

(٢) الرجال الخضر الأقزام تذكرهم الحكايات الشعبية الإنجليزية كمخلوقات من عالم آخر غريب عنا (المترجم).

12

هل كل شيء محتوم ؟[1]

في مسرحية «يوليوس قيصر» يقول كاسيوس لبروتوس ، «الرجال في أوقات معينة هم سادة لمصيرهم» . ولكن هل نحن حقاً سادة لمصيرنا؟ أم أن ما نفعله محتوم ومقدر مسبقاً؟ كان من المعتاد أن يُذكر في محاجة القدر المسبق أن القضاء قدرة كلية خارج الزمان ، وأن كل ما سيحدث مكتوب من قبل . ولكن كيف يمكن إذن أن تكون لنا أى إرادة حرة؟ وإذا لم تكن لنا إرادة حرة كيف يمكن أن نكون مسؤولين عن أفعالنا؟ وإذا كان مقدّراً على المرء أن يسرق بنكاً فلا يمكن أن تكون هذه غلطته ، فلماذا ينبغي أن يعاقب عليها؟

أما في الأزمنة الحديثة فقد أصبحت محاجة الحتمية مؤسسة على العلم . فيبدو أن هناك قوانين محددة أحسن تحديد تتحكم في الطريقة التي يتطور

بها الكون وكل ما به في الزمان . ورغم أننا لم نجد بعد الشكل الدقيق لكل هذه القوانين ، إلا أننا نعرف بالفعل ما يكفي لأن يحتم ما يحدث في كل المواقف عدا ما هو متطرف منها أقصى التطرف . ومسألة ما إذا كنا سنعثر على ما تبقى من القوانين في المستقبل القريب إلى حد ما هى مسألة خلاف في الرأي . وأنا من المتفائلين : فأعتقد أن ثمة فرصة من خمسين في المائة في أن نجد هذه القوانين في العشرين سنة القادمة . ولكن حتى لو لم نفعل فإن ذلك لن يؤثر حقاً أي تأثير في هذه المحاجة . فالنقطة المهمة هى أنه ينبغي أن توجد مجموعة من القوانين التي تحتم بالكامل تطور الكون منذ حال ابتدائه . وهذه القوانين قد تكون مما هو مقدر ، وكما يبدو فإنها لا تُنتهك .

والشكل الأول للكون قد يكون هكذا مما هو مقدر له أو أنه هو نفسه مما تحتمه القوانين العلمية ، وكل شيء في الكون هو على أي حال يبدو محتوماً بالتطور حسب قوانين العلم ، وبالتالي فإن من الصعب أن نفهم كيف يمكن أن نكون سادة مصيرنا .

وفكرة أن هناك نظرية ما موحدة كبرى تحتم كل شيء في الكون هي فكرة تثير الكثير من المشاكل . وأول كل شيء ، هو أن النظرية الموحدة الكبرى هى في ما يفترض نظرية ذات تماسك وأناقة بلغة من الرياضة . فينبغي أن يكون ثمة شيء خاص وبسيط في ما يتعلق بنظرية كل شيء . . ولكن كيف يمكن لعدد معين من المعادلات أن يفسر التعقد والتفاصيل التافهة التي نراها من حولنا؟ هل يستطيع المرء حقاً أن يؤمن بأن النظرية الموحدة الكبرى تحتم أن سينيد أوكونور سيكون في القمة من أنجح الأغاني

لهذا الأسبوع ، أو أن مادونا ستكون على غلاف مجلة «كوزموبوليتان»؟

والمشكلة الثانية بشأن أن كل شيء محتوم بنظرية موحدة كبرى هى أن أياً مما نقوله هو أيضاً محتوم بالنظرية . ولكن لماذا ينبغي أن يكون من المحتوم أنها صحيحة؟ ألا يكون الامر الأكثر احتمالاً هو أن تكون خطأ . حيث أن هناك الكثير من المقولات التي يحتمل عدم صحتها مقابل كل مقولة واحدة صحيحة؟ وبريدي في كل أسبوع يحوي عدداً من النظريات يرسلها الناس لي . وهي كلها نظريات مختلفة ، وهي في أغلبها تتشارك في عدم تماسكها ، على أن من المفروض أن النظرية الموحدة الكبرى قد حتمت أن واضعي هذه النظريات يعتقدون أنها صحيحة . وبالتالى فلماذا ينبغي أن يكون شيء مما أقوله يتصف بأنه الأكثر صحة؟ ألست أنا محتوم بنفس القدر بالنظرية الموحدة الكبرى؟

والمشكلة الثالثة في فكرة أن كل شيء محتوم هى أننا نحس بأن لنا إرادة حرة- أي أن لدينا الحرية للاختيار هى إذن ولا بد مجرد وهم ، وإذا لم تكن لدينا إرادة حرة ، فماذا يكون أساس مسؤوليتنا عن أفعالنا؟ نحن لا نعاقب الناس على جرائمهم إن كانوا مجانين ، لأننا قررنا أنهم لا يستطيعون شيئاً إزاء ذلك ولكن إذا كنا جميعاً محتومين بنظرية موحدة كبرى ، فإن أحداً منّا لا يستطيع شيئاً إزاء ما يفعله ، وإذن فلماذا ينبغي أن يُعد أي فرد مسؤولاً عما يفعله؟

ولقد ظلت مشاكل الحتمية هذه موضع نقاش عبر القرون . على أن المناقشة كانت أكاديمية نوعاً ، حيث أننا كنا بعيدين عن المعرفة الكاملة

بقوانين العلم ، ولم نكن نعرف كيف تتحتم حالة ابتداء الكون . أما الآن ، فإن المشاكل أكثر الحاحاً لأن هناك إمكاناً لأن نجد نظرية موحدة كاملة في وقت قصير يبلغ عشرين عاما . ونحن ندرك أن الحالة الابتدائية قد تكون هى نفسها مما يتحتم بالقوانين العلمية . وسأذكر في ما يلي محاولتي الشخصية للوصول إلى تفهم هذه المشكلات . ولست أزعم لنفسى عظيم أصالة أو عمق ، ولكن هذا هو أفضل ما أمكن لي في وقتنا هذا .

ولنبدأ بالمشكلة الأولى : كيف يمكن لنظرية هى نسبياً بسيطة ومدمجة أن ينشأ عنها كون معقد كالكون الذي نرصده ، بكل ما فيه من تفاصيل تافهة غير مهمة؟ ومفتاح ذلك هو مبدأ عدم اليقين بميكانيكا الكم ، الذى يقرر أن الواحد من لا يستطيع أن يقيس معاً موضع وسرعة أحد الجسيمات بدقة كبيرة . وكلما زادت دقة قياسنا للموضع ، قلّت قدرتنا على دقة قياس السرعة ، والعكس بالعكس . وعدم اليقين هذا ليس بالأمر المهم جداً في الوقت الحالي ، حيث الأشياء بعيدة عن بعضها ، وبالتالي فإن قدراً صغيراً من عدم اليقين في ما يتعلق بالموضع لا يؤثر في الأمور تأثيراً كبيراً . أما في الكون المبكر جداً ، فقد كان كل شيء قريباً أشد القرب من الآخر ، وبالتالي يكون هناك قدر كبير من عدم اليقين ، ويكون هناك عدد من الحالات الممكنة للكون ، وهذه الحالات الممكنة المختلفة للكون المبكر هي مما سيتطور إلى فصيلة بأكملها من التواريخ المختلفة للكون ، ومعظم هذه التواريخ ستكون متشابهة في ملامحها بالمقياس الكبير ، فهى في توافق مع كون متسق وسلس وفي حالة تمدد . على أنها سوف تختلف في تفاصيل مثل

توزيع النجوم ، بل وتختلف أكثر بالنسبة لتفاصيل من مثل ما يكون على أغلفة المجلات التي فيها . (هذا إن كانت هذه التواريخ تحوى أي مجلات) . وبالتالي ، فإن تعقدات الكون فيها حولنا هي وتفاصيله قد نشأت عن مبدأ عدم اليقين في الأطوار الأولى . وهذا يؤدي إلى فصيلة بأكملها من التواريخ المحتملة للكون . وسيكون هناك تاريخ يكسب النازيون فيه الحرب العالمية الثانية ، وإن كان الاحتمال هنا صغيراً . إلا أننا فحسب قد اتفق أننا نعيش في تاريخ كسب الحلفاء فيه الحرب وظهرت صورة مادونا على غلاف مجلة كوزموبوليتان .

سأنتقل الآن إلى المشكلة الثانية وهى : إذا كان ما نفعله الآن محتوماً بواسطة نظرية موحدة كبرى ، فلماذا ينبغي أن تحتم النظرية أننا سنصل إلى الاستنتاجات الصحيحة بشأن الكون بدلاً من الاستنتاجات الخطأ؟ لماذا ينبغي أن يكون لأي شيء مما نقوله أي قدر من الصحة؟ وإجابتي عن ذلك تتأسس على فكرة داروين عن الانتخاب الطبيعي . فأنا أتخذ الرأي بأن شكلاً بدائياً جداً من الحياة قد نشأ على الأرض من توليفات للذرات تحدث اتفاقاً . وهذا الشكل المبكر للحياة كان في ما يحتمل جزيئاً كبيراً . ولكنه في ما يحتمل لم يكن حامض دنا[٢] حيث أن احتمالات تكوين جزىء كامل من دنا بواسطة توليفات عشوائية هى احتمالات صغيرة .

هذا الشكل من الحياة المبكرة سيكاثر من نفسه ، ومبدأ عدم اليقين لميكانيكا الكم هو والتحركات الحرارية العشوائية للذرات يعنيان أنه سيحدث عدد معين من الأخطاء في هذا التكاثر ، ومعظم هذه الأخطاء

ستكون أخطاء قاتلة بالنسبة لاستمرار بقاء الكائن الحي أو لقدرته على التكاثر . وأخطاء كهذه لن تمر إلى الأجيال المستقبلة وإنما ستموت منقرضة . إلا أن هناك أخطاء قليلة جداً ستكون مفيدة بالصدفة المحضة . والكائنات الحية التي فيها هذه الأخطاء يزيد احتمال بقائها وتكاثرها ، وبالتالي فإنها تنزع إلى أن تحل مكان الكائنات الأصلية التي لم يتناولها التحسن .

ونشأة التركيب اللولبي المزدوج لـ (دنا) قد تكون أحد هذه التحسينات في المراحل المبكرة . ويحتمل أن ذلك كان تقدماً كبيراً بحيث أنه حلّ بالكامل مكان أي شكل للحياة أقدم منه ، أياً ما كانه هذا الشكل ، ومع تقدم التطور ، فإنه يؤدى إلى نشأة الجهاز العصبي المركزي . والمخلوقات التي تدرك إدراكاً صحيحاً دلالات المعطيات التي تجمعها أعضاؤها الحسية وتتخذ الفعل الملائم لذلك ، سيزيد احتمال بقائها وتكاثرها . والجنس البشري قد وصل بهذا الأمر إلى مرحلة أخرى . فنحن شديدو الشبه بالقرود العليا ، سواء في أجسادنا أو في ما لدينا من دنا ، على أن تغيراً بسيطاً في ما لدينا من دنا قد جعلنا قادرين على إنشاء لغة لنا . وهذا يعنى أننا يمكننا تمرير المعلومات والخبرة المتراكمة من جيل لجيل ، في شكل منطوق ثم في النهاية في شكل مكتوب . وقبل ذلك ، كانت نتائج الخبرة لا يمكن تمريرها إلا بعملية بطيئة هى أن تجعل مشفرة في دنا من خلال أخطاء عشوائية في التكاثر ، أما تأثير اللغة فهو حدوث تزايد مثير في سرعة التطور . وقد استغرق التطور للوصول إلى الجنس البشري ما يزيد عن ثلاثة بلايين عاماً . إلا أننا أثناء العشرة آلاف عام الأخيرة قد طورنا اللغة المكتوبة . وقد مكننا

هذا من أن نتقدم من مرحلة سكان الكهوف إلى النقطة التي يمكننا عندها أن نتساءل عن النظرية النهائية للكون .

في العشرة آلاف عام الأخيرة لم يحدث في دنا البشري أي تطور أو تغير بيولوجي له مغزاه ، وبالتالي ، فإن ذكاءنا أو قدرتنا على الوصول إلى الاستنتاجات الصحيحة من المعلومات التي تمدنا بها أعضاؤنا الحسية ، هى ولابد مما يرجع تاريخه لأيام سكننا في الكهف أو ماهو أقدم . وهى مما تم انتخابه على أساس قدرتنا على قتل حيوانات معينة للطعام وعلى تجنب أن تقتلنا الحيوانات الأخرى . ومن الرائع أن الصفات العقلية التي تم انتخابها لهذه الأغراض هى في ما ينبغي التي بلغت بنا هذا الوضع المتميز في هذه الظروف الحالية التي تختلف كل الاختلاف . وليس هناك في ما يحتمل ميزة كبيرة من ميزات البقاء يمكن اكتسابها من اكتشاف نظرية موحدة كبرى أو من الإجابة عن تلك الأسئلة عن الحتمية . ومع ذلك فإن الذكاء الذى طورّناه من أجل اسباب أخرى ربما يكون هو الذي يؤكد لنا تماما أننا قد عثرنا على الاجابات الصحيحة عن هذه الأسئلة .

أنتقل الآن إلى المشكلة الثالثة ، أي الأسئلة التي تتناول الإرادة الحرة ومسؤوليتنا عن أفعالنا . ونحن على نحو ذاتي لدينا القدرة على أن نختار ما نكونه وما نفعله . على أن هذا قد يكون مجرد وهم . وبعض الناس يعتقدون أنهم يوليوس قيصر أو نابليون . ولكنهم لا يمكن أن يكونوا كلهم مصيبين . وما نحتاجه هو اختبار موضوعي نستطيع تطبيقه من الخارج لنميز ما إذا كان الكائن الحي له إرادة حرة وكمثل ، هب أننا قد زارنا

«شخص قزم أخضر» من نجم آخر ، كيف يمكننا أن نقرر ما إذا كانت لديه إرادة حرة أم أنه مجرد روبوت ، قد تمت برمجته للاستجابة كما لو كان مثلنا؟

وفي ما يبدو ، فإن الاختبار الموضوعي النهائي للإرادة الحرة هو : هل يمكن لنا أن نتنبأ بسلوك الكائن الحي؟ إذا أمكننا ذلك ، يكون من الواضح أن هذا الكائن ليس لديه إرادة حرة وإنما هو محتم مسبقاً . ومن الناحية الأخرى إذا لم نتمكن من التنبؤ بسلوك هذا الكائن ، سيكون لنا أن نأخذ ذلك كتعريف إجرائي بأن هذا الكائن الحي له إرادة حرة .

ومن الممكن أن يعترض المرء على هذا التعريف للإرداة الحرة على أساس أننا بمجرد أن نجد نظرية موحدة كاملة فإننا سوف نكون قادرين على التنبؤ بما سيفعله الناس . على أن المخ البشري يخضع هو أيضاً لمبدأ عدم اليقين . وبالتالي ، فإن هناك في السلوك البشري عنصراً من العشوائية المصاحبة لميكانيكا الكم . ولكن الطاقات المستخدمة في المخ هي طاقات منخفضة ، وبالتالي فإن تأثير عدم يقين ميكانيكا الكم هنا هو فحسب تأثير صغير والسبب الحقيقي في أننا لا يمكننا التنبؤ بسلوك الإنسان هو أن ذلك ببساطة أمر صعب أبلغ الصعوبة . ونحن نعرف بالفعل القوانين الفيزيائية الأساسية التي تتحكم في نشاط المخ ، وهي نسبياً قوانين بسيطة . على أن الأمر فحسب هو أن من الصعب أبلغ الصعوبة الوصول إلى حل للمعادلات حينما يزيد ما تتناوله عن جسيمات معدودة . وحتى في نظرية نيوتن عن الجاذبية وهي النظرية الأكثر بساطة ، لن نستطيع حل المعادلات حينما يزيد

ما تتناوله عن جسيمات معدودة . وحتى في نظرية نيوتن عن الجاذبية وهي النظرية الأكثر بساطة ، لن نستطيع حل المعادلات حلاً مضبوطاً إلا في حالة تناول جسيمين اثنين . أما عند تناول ثلاثة جسيمات أو أكثر فسيكون علينا أن نلجأ إلى التقريبات ، وتتزايد الصعوبات تزايداً سريعاً مع تزايد عدد الجسيمات . أما المخ البشري فإنه يحوي مايقرب من $١٠^{٢٦}$ من الجسيمات أو مائة مليون بليون بليون من الجسيمات . وهذا العدد أكبر كثيراً جداً من أي قدرة لنا على حل المعادلات والتنبؤ بالطريقة التي سيسلكها المخ ، مع اعتبار حالته الابتدائية والمعطيات العصبية التي تصل داخله وبالطبع ، فنحن لا نستطيع في الحقيقة أن نقيس حتى ما كانت عليه الحالة الابتدائية لأننا حتى نفعل ذلك سيكون علينا أن نقطع المخ إلى أجزاء . وحتى لو كنا على استعداد لأن نفعل ذلك فسيكون لدينا جسيمات أكثر جداً مما نستطيع تسجيله . كذلك فإن المخ في ما يحتمل حساس جداً بالنسبة للحالة الابتدائية- وأي تغير صغير فيها يمكن أن يؤدي إلى اختلاف كبير جداً في ما يلي ذلك من سلوك . وبالتالي ، فرغم أننا نعرف المعادلات الأساسية التي تتحكم في المخ ، إلا أننا عاجزون تماماً عن استخدامها للتنبؤ بالسلوك البشري .

هذا الموقف في العلم ينشأ حيثما تعاملنا مع منظومة ماكروسكوبية ، لأن عدد الجسيمات عندها يكون دائماً أكبر من أن توجد أي فرصة لحل المعادلات الأساسية . وبدلاً من ذلك فإن ما نفعله هو استخدام نظريات ذات فاعلية EFFECTIVE THEORIES وهذه تكون تقريبات تحل فيها

مقادير قليلة مكان الأعداد الكبيرة جدا للجسيمات . ومثل ذلك هو ميكانيكا السوائل . فسائل مثل الماء يتكون من بلايين بلايين الجزئيات ، هى نفسها تتكون من الكترونات وبروتونات ونيوترونات . على أن من التقريبات المفيدة أن نعامل السائل على أنه وسط متصل ، يتميز فحسب بسرعته وكثافته وحرارته . وتنبؤات النظرية الفعالة لميكانيكا السوائل ليست تنبؤات دقيقة - وللتحقق من ذلك ما عليك إلا أن تستمع إلى التنبؤات الجوية - ولكنها تصلح بما يكفي لتصميم السفن أو خطوط أنابيب البترول .

وما أود أن أطرحه هنا هو أن مفاهيم الإرادة الحرة والمسؤولية الأخلاقية عن أفعالنا هي في الحقيقة فعالة بنفس معنى ميكانيكا السوائل . وقد يكون كل شيء نفعله محتوماً ببعض نظرية كبرى موحدة . وإذا كانت هذه النظرية تحتم أننا سوف نموت شنقاً ، فإننا إذن لن نموت غرقاً . ولكنك حتى تقدم على الإبحار في زورق صغير أثناء عاصفة ، يجب أن تكون واثقاً كل الوثوق من أنك قد قدر لك سلفاً أن تموت فوق المشنقة . وقد لاحظت أنه حتى بالنسبة لأولئك الذين ينادون بأن كل شيء مقدر سلفاً وأننا لا نستطيع فعل شيء لتغيير ذلك ، لاحظت أنهم ممن ينظرون حولهم قبل عبور الطريق . ولعل الأمر فحسب أن أولئك الذين لا ينظرون من حولهم لا يبقون أحياء ليقصّوا علينا حكايتهم .

هذا والمرء لا يستطيع أن يؤسس سلوكه على فكرة أن كل شيء محتوم ، ذلك أنه لايعرف ماهو الذي تحتم . وبدلاً من ذلك ، فإن على المرء أن يتخذ النظرية الفعالة التي تقول بأن الواحد منا له إرادة فردية وأنه مسؤول عن

أفعاله . وهذه النظرية ليست جد صالحة للتنبؤ بسلوك الإنسان ، ولكننا نتخذها لأنه لا توجد فرصة لحل المعادلات الناشئة عن القوانين الأساسية .
وهناك أيضاً سبب دارويني لأن نؤمن بالإرادة الحرة : فالمجتمع الذي يشعر فيه الفرد بالمسئولية عن أفعاله (أو أفعالها) هو مجتمع يزيد احتمال أن يعمل أفراده معاً ويبقون أحياء لنشر قيم هذا المجتمع . وبالطبع ، فإن النمل يعمل معاً جيداً ، ولكن مجتمعه هذا مجتمع استاتيكي فهو مجتمع لا يستطيع أن يستجيب للتحديات غير المألوفة أو أن ينشيء فرصاً جديدة .أما عندما توجد مجموعة من أفراد أحرار يتشاركون في أهداف مشتركة معينة ، فإنهم يستطيعون المساهمة في سبيل أهدافهم المشتركة ، ومع ذلك تكون لديهم المرونة الكافية لصنع الابتكارات . وبالتالي فإن مجتمعاً كهذا يزيد احتمال ازدهاره وأن ينشر منظومة قيمه .

ومفهوم الإرادة الحرة ينتمي إلى مجال يختلف عن مجال القوانين الأساسية للعلم . وإذا حاول المرء أن يستنبط سلوك الإنسان من قوانين العلم ، فسوف يقع في قبضة المفارقة المنطقية للمنطوقات ذات المرجعية الذاتية . فإذا كان ما يفعله المرء يمكن التنبؤ به من القوانين الأساسية ، فإن نفس حقيقة صنع هذا التنبؤ يمكن أن تغير ما سيحدث . والأمر يشبه المشاكل التي سيقع فيها المرء لو كان السفر في الزمان ممكناً ، وهو أمر لا اعتقد أنه سيحدث قط . ولكن لو أمكنك أن ترى ما سوف يحدث في المستقبل ، فإنك تستطيع تغييره . ولو عرفت أي حصان يكسب الجائزة الكبرى ، سيمكنك أن تجني ثروة بالرهان عليه . ولكن فعلك هذا سوف يغير من

فرص الرهان ، وما على المرء إلا أن ينظر «للمستقبل وراء» حتى يدرك المشاكل التي يمكن أن تنشأ عن ذلك .

وهذه المفارقة حول القدرة على التنبؤ بأفعال المرء هي على صلة وثيقة بالمشكلة التي ذكرتها من قبل : هل تحتم النظرية النهائية؟ وسأحاج في هذه الحالة بأن فكرة داروين عن الانتخاب الطبيعي هي التي ستقودنا إلى الإجابة الصحيحة . ولعل وصف الإجابة بأنها صحيحة ليس بطريقة الوصف الملائمة ، إلا أن الانتخاب الطبيعي ينبغي أن يقودنا على الأقل إلى مجموعة من القوانين الفيزيائية تكون صالحة إلى حد كبير . على أننا لا يمكننا تطبيق هذه القوانين الفيزيائية لاستنباط السلوك الإنساني وذلك لسببين . الأول هو أننا لا يمكننا حل المعادلات . والثاني ، أنه حتى لو أمكننا حل المعادلات ، فإن حقيقة صنع التنبؤات ستؤدي إلى اضطراب المنظومة . وبدلاً من ذلك ، فإنه يبدو أن الانتخاب الطبيعي سيقودنا إلى اتخاذ النظرية الفعالة للإرادة الحرة . وإذا وافقنا على أن أفعال أحد الأشخاص يتم اختيارها بحرية ، لن يمكننا عندها أن نحاج بأن هذه الأفعال تكون في بعض الحالات محتومة بقوى حقيقة أن المرء قد يكون قادراً على تخمين ما يحتمل أن يختاره أحد الافراد وبين فكرة أن هذا الاختيار ليس حُرّاً . وأنا يمكنني أن أخمن أن معظم القراء سوف يأكلون وجبة في هذا المساء ، ولكنك سيكون لك مطلق الحرية في أن تختار أن تذهب لفراشك جائعاً . وأحد أمثلة هذا الخلط هو مبدأ المسؤولية المنقوصة : أي فكرة أن الأشخاص ينبغي ألا يعاقبوا عن أفعالهم لأنهم كانوا تحت ضغط . ومن الجائز أن شخصاً ما سيزيد احتمال ارتكابه

لفعل مضاد للمجتمع عندما يكون تحت ضغط . ولكن هذا لا يعني أننا ينبغي أن نزيد أيضاً من احتمال ارتكابه (أو ارتكابها) لهذا الفعل بأن نقلل من عقوبته .

هذا وينبغي علينا أن نُبقي البحث في القوانين العلمية الأساسية في حيز منفصل عن دراسة سلوك الإنسان . فنحن لا نستطيع أن نستخدم القوانين الأساسية لاستنباط السلوك الإنساني ، وذلك للأسباب التي شرحتها ، ولكننا قد نأمل في تمكننا من أن نستخدم معاً الذكاء هو وقدرات التفكير التي نميناها من خلال الانتخاب الطبيعي . ولسوء الحظ فإن الانتخاب الطبيعي قد نمّى أيضاً خصائص أخرى ، مثل العدوانية ، والعدوانية ربما كانت تعطى ميزة بقاء أيام سكنى الكهوف وما قبلها ، وبالتالى كان الانتخاب الطبيعي يحبذها . على أن ثمة زيادة هائلة في قدراتنا على التدمير تأتت لنا من العلم والتكنولوجيا الحديثين ، فجعلت من العدوانية صفة خطيرة ، صفة تهدد بقاء الجنس البشري كله . والمشكلة هي أن غرائزنا العدوانية صفة خطيرة جداً ، صفة تهدد بقاء الجنس البشري كله . والمشكلة هي أن غرائزنا العدوانية يبدو أنها مشفرة في ما لدينا من (دنا) . و(دنا) لا يتغير بالتطور البيولوجي إلا بمقياس زمني من ملايين الأعوام ، أما قدراتنا التدميرية فإنها تزيد حسب المقياس الزمني لتطور المعلومات ، وهذا المقياس الآن هو فحسب من عشرين أو ثلاثين سنة . وما لم نتمكن من استخدام ذكائنا للتحكم في عدوانيتنا ، لن يكون ثمة فرصة كبيرة أمام الجنس البشري . على أنه ما دامت هناك حياة يكون هناك أمل . وإذا استطعنا أن

نبقى أحياء في السنين المائة القادمة أو ما يقرب من ذلك ، فسنكون قد انتشرنا إلى كواكب أخرى وربما لنجوم أخرى . وهذا سيقلل كثيراً من احتمال أن ينمحي الجنس البشري كله بكارثة من نوع الحرب الذرية .

وتلخيصاً لما سبق : فقد ناقشت بعض المشكلات التي تنشأ عندما نؤمن بأن كل شيء في الكون محتوم . ولا يؤثر في الأمر كثيراً إن كانت هذه الحتمية بقدر كلي أو بقوانين العلم . والحقيقة أنه يمكننا دائماً أن نقول إن قوانين العلم هي تعبير عن مشيئة القدر .

وقد نظرت أمر أسئلة ثلاثة : الأول هو : كيف يمكن لكل ما في الكون من تعقد ولكل ما فيه من تفاصيل تافهة أن يكون ذلك محتوماً بمجموعة بسيطة من المعادلات؟ أو هل يمكننا حقاً أن نؤمن بأن القدر يحتم كل التفاصيل التافهة من مثل من ينبغي أن يظهر على غلاف مجلة «كوزموبوليتان»؟ ويبدو أن الإجابة هي أن مبدأ عدم اليقين لميكانيكا الكم يعني أنه لا يوجد فحسب تاريخ وحيد للكون وإنما هناك فصيلة بأسرها من تواريخ ممكنة . وهذه التواريخ قد تكون متشابهة بالمقاييس الكبيرة جداً ، ولكنها تختلف اختلافاً عظيماً بمقاييس كل يوم العادية . ونحن نتفق أننا نعيش على تاريخ واحد بعينه له خصائص وتفاصيل معينة ، إلا أن هناك كائنات ذكية مشابهة لنا جداً تعيش على تواريخ تختلف بالنسبة لمن الذي يكسب الحرب ولمن الذي يكون في قمة مبيعات الأغاني الشعبية . وبالتالي ، فإن التفاصيل التافهة لكوننا تنشأ لأن القوانين الأساسية تتضمن ميكانيكا الكم بما فيها من عنصر عدم اليقين أو العشوائية .

أما السؤال الثاني فهو : إذا كان كل شيء محتوماً حسب نظرية أساسية ما ، فإن ما نقوله إذن عن النظرية هو أيضاً محتوم بالنظرية- فما السبب في أنه ينبغي أن يتحتم أن يكون صحيحاً ، بدلاً من أن يكون خطأ صريحاً أو هو لا يتعلق بالموضوع؟ وإجابتي عن ذلك كانت بالاحتكام إلى نظرية داورين عن الانتخاب الطبيعي : فالأفراد الذين يتوصلون إلى الاستنتاجات الملائمة بشأن العالم من حولهم هم وحدهم الذين يزيد احتمال بقائهم وتكاثرهم .

أما السؤال الثالث فهو : لو كان كل شيء محتوماً ، فماذا عن الإرادة الحرة ومسؤوليتنا عن أفعالنا؟ إلا أن الاختبار الموضوعي الوحيد بشأن ما للكائن الحي من إرادة حرة هو ما إذا كان يمكن التنبؤ بسلوكه . وفي حالة الكائنات البشرية ، فإننا عاجزون تماماً عن استخدام القوانين الأساسية للتنبؤ بما سوف يفعله الناس ، وذلك لسببين : فأولاً ، نحن لا نستطيع حل المعادلات بسبب أن عدد الجسيمات المتضمنة هو عدد كبير جداً . وثانياً ، حتى لو استطعنا حل هذه المعادلات ، فإن حقيقة صنع تنبؤ ما سوف تسبب اضطراب المنظومة ويمكن أن تؤدي إلى نتاج مختلف ، وبالتالي ، فإننا لا نستطيع التنبؤ بالسلوك الإنساني ، إلا أن من الممكن أيضاً أن نتخذ النظرية الفعالة بأن أفراد البشر هم عناصر حرة يمكنها اختيار ما تفعله . ويبدو أن ثمة ميزات بقاء أكيدة تتأتى من الإيمان بالإرادة الحرة ومسؤولية الفرد عن أفعاله ، وهذا يعني أن هذا الإيمان ينبغي أن يعززه الانتخاب الطبيعي . ويبقى أمامنا بعد ذلك أن نعرف ما إذا كان ما تفعله اللغة من إحساس بالمسؤولية هو أمر فيه الكفاية للتحكم في غريزة العدوان التي ينقلها (دنا) . فإذا كان ذلك لا

يكفي لهذا الغرض ، فإن الجنس البشري سيكون بمثابة أحد الطرق المسدودة بالنسبة للانتخاب الطبيعي . ولعل هناك جنس آخر من كائنات ذكية في مكان آخر من المجرة سيتوصل إلى توازن أفضل بين المسؤولية والعدوان . ولكن إذا كان الأمر هكذا فإن لنا أن نتوقع أن تتصل هذه الكائنات بنا ، أو على الأقل أن نكتشف نحن إشاراتهم اللاسلكية . ولعل الأمر أنهم متنبهون لوجودنا ولكنهم لا يريدون الكشف عن أنفسهم لنا . وقد يكون في هذا حكمة منهم ، نظراً لما لنا من سجل .

وباختصار ، فإن عنوان هذا المقال كان سؤالاً هو : هل كل شيء محتوم؟ والإجابة هي نعم أن كل شيء «محتوم» على أنه من المحتمل أيضاً ألا يكون كل شيء «محتوماً» ، لأننا لا نستطيع قط أن نعرف ما هو محتوم .

هوامش

(١) محاضرة ألقيت في ندوة نادي سيجما بجامعة كمبردج، أبريل ١٩٩٠م.

(٢) حامض دنا اختصار حامض دى اوكس ريبونيوكليك الموجود في نواة الخلية ويقوم بدور رئيسي في الوراثة. (المترجم)

13

مستقبل الكون[1]

موضوع هذا المقال هو مستقبل الكون ، أو الأصح ما يعتقد العلماء أنه سيكون المستقبل . وبالطبع فإن التنبؤ بالمستقبل أمر صعب جداً . وقد فكرت يوماً أنني ينبغي أن أؤلف كتاباً اسمه «غد الأمس : تاريخ المستقبل» . وسيكون ذلك تاريخاً للتنبوءات بالمستقبل ، وكلها تقريباً كانت بعيدة تماماً عن إصابة الهدف . إلا أن العلماء رغم هذه الإخفاقات مازالوا يعتقدون أنهم يستطيعون التنبؤ بالمستقبل .

وفي العهود القديمة كان التنبؤ بالمستقبل مهنة الكهنة والعرافين . وهؤلاء كثيراً ما كانوا من النساء اللاتي كن يُدخلن في إغماءة باستخدام بعض عقار أو باستنشاق الأبخرة من فجوة في بركان . ثم يقوم بعدها الكهنة المحيطون بهن بتفسير هذيانهن . والمهارة الحقيقية إنما تكمن في التفسير . وعرّافة دلفي الشهيرة في بلاد الإغريق القديمة كانت معروفة بتنبؤاتها ذات الاحتمالات

المطاطة أو ذات الغموض . وعندما تساءل أهل اسبرطة عما سيحدث عندما هاجم الفرس بلاد الإغريق . أجابت العرّافة : إما أن اسبرطة ستدمر ، أو أن ملكها سيقتل . وأنا أفترض أن الكهنة ارتأوا أنه إذا لم يحدث أي من هذين الاحتمالين فإن أهل اسبرطة سيكونوا جد ممتنين لأبوللو بحيث يتغاضون عن حقيقة أن عرافته كانت على خطأ . والحقيقة هي أن الملك قُتل وهو يدافع عن الممر عند ثيرموبيلى في معركة أنقذت اسبرطة وأدت إلى هزيمة الفرس في النهاية .

وفي مناسبة أخرى تساءل كريسوس ملك ليديا وأغنى رجل في العالم عما سيحدث لو أنه غزا فارس . وكانت الإجابة هي : ستسقط مملكة عظيمة . وظن كريسوس أن هذا يعني الإمبراطورية الفارسية ، ولكن مملكته هي التي سقطت ، وانتهى هو نفسه فوق كوم حطب ، وقد أوشك أن يحرق حياً .

أما المتنبئون الحديثون الذين يتنبأون بنهاية الكون فإنهم أكثر استعداداً للمغامرة ، فهم يحددون تواريخ بعينها لنهاية العالم بل إن هذه التنبؤات تنزع إلى أن تخفض الأسعار في سوق الأوراق المالية ، وإن كان ثمة سؤال يحيرني عن السبب في أن نهاية العالم تجعل المرء يرغب في بيع أسهمه مقابل نقود . فالمفروض أنك لن تستطيع أخذ أي منها معك .

وحتى الآن ، فإن كل التواريخ التي حُددت لنهاية العالم مرت بدون أي حدث ولكن المتنبئين لديهم غالباً تفسير لإخفاقهم الظاهر . وكمثل ، فإن ويليام ميلر مؤسس طائفة مجيئي[٢] اليوم السابع ، تنبأ بأن «عودة المسيح

ثانية» ستحدث ما بين ٢.١ مارس ١٨٤٣ و٢١ مارس ١٨٤٤ . وعندما لم يحدث شيء روجع التاريخ ليصبح في ٢٢ أكتوبر ١٨٤٤ . وعندما مر ذلك اليوم بدون أي حدث طُرح تفسير جديد . وحسب هذا التفسير فإن ١٨٤٤ هو عام بداية (العودة الثانية)- ولكن يجب أولاً أن نحسب الاسماء التي في (كتاب الحياة) . وعندها فحسب سيأتي يوم القيامة لمن لا يكونوا في هذا (الكتاب) . ولحسن الحظ يبدو أن عد هذه الاسماء سيستغرق زمناً طويلاً .

وبالطبع ، فإن التنبؤات العلمية يمكن أن تكون مما لا يوثق به مثلما لا يوثق بتنبؤات العرافين أو المتنبئين . وما عليك إلا أن تنظر أمر التنبؤات الجوية . ولكن ثمة مواقف معينة نعتقد أنه يمكننا فيها أن نصنع تنبؤات موثوقاً بها ، وأحد هذه المواقف هو مستقبل الكون بالمقياس الكبير جداً .

لقد اكتشفنا عبر السنوات الثلاثمائة الأخيرة قوانين علمية تتحكم في المادة في كل المواقف الطبيعية . على أننا مازلنا لا نعرف القوانين المضبوطة التي تتحكم في المادة في الظروف جد المتطرفة . وهذه القوانين مهمة لفهم الطريقة التي بدأ بها الكون ، ولكنها لا تؤثر في تطور الكون في المستقبل ، وذلك في ما عدا لو حدث للكون أن عاد للتقلص إلى حالة من كثافة شديدة . والحقيقة أنه لمما يبين لنا مدى قلة تأثير قوانين الطاقة العالية هذه في الكون الآن ، أنه يتوجب علينا حالياً أن ننفق مبالغ كبيرة من الأموال لبناء معجلات جسيمات ضخمة لاختبار هذه القوانين .

ونحن ربما نعرف القوانين المناسبة التي تتحكم في الكون ، إلا أننا مع هذا

قد نكون عاجزين عن استخدامها للتنبؤ بالمستقبل البعيد . وسبب ذلك هو أن حلول معادلات الفيزياء تظهر خاصية تعرف بالفوضى . وما يعنيه هذا هو أن المعادلات قد تكون قلقة : فلو أحدثنا تغيراً بسيطاً في الطريقة التي تكون عليها إحدى المنظومات بإدخال كَمّ صغير في كل مرة ، سنجد أن سلوك المنظومة بعدها سرعان ما يصبح مختلفاً اختلافاً كاملاً . وكمثل لو أنك غيرت تغييراً بسيطاً في الطريقة التي تلف بها عجلة الروليت فإنك ستغير من الرقم الذي سيربح . ومن المستحيل عملياً التنبؤ بهذا الرقم ، وإلا لجنى علماء الطبيعة ثروة من الكازينوهات .

ومع وجود منظومات قلقة وفوضوية ، يكون عموماً ثمة مقياس زمني حيث سيتنامى ما يحدث من تغيير صغير في الحالة الابتدائية إلى تغيير أكبر بالضعف . وفي حالة جو الأرض يقدر هذا المقياس الزمني بخمسة أيام ، وهذا تقريباً الوقت الذي يستغرقه الهواء ليهب في دورة واحدة حول العالم . ويستطيع المرء أن يعطى تنبؤات جوية مضبوطة إلى حد معقول لفترات تصل إلى خمسة أيام ، ولكن التنبؤ بالطقس لما هو أبعد كثيراً من ذلك سيتطلب معا معرفة دقيقة جداً بالوضع الحالي للجو «وكذلك» حسابات معقدة إلى حد الاستحالة . وليس هناك وسيلة لأن نتنبأ بالطقس مقدماً لستة شهور ، بأكثر من مجرد إعطاء المتوسط الموسمي .

ونحن نعرف أيضاً القوانين الأساسية التي تتحكم في الكيمياء والبيولوجيا ، وبالتالي ينبغي من حيث المبدأ أن نكون قادرين على أن نحدد كيفية عمل المخ . ولكن المعادلات التي تتحكم في المخ تسلك بما يكاد يكون

سلوكا فوضوياً أكيداً ، وذلك من حيث أن أي تغيير صغير جداً في الحالة الابتدائية يمكن أن يؤدي إلى ناتج مختلف جد الاختلاف . وبالتالي فنحن من حيث التطبيق لا نستطيع التنبؤ بالسلوك الإنساني ، حيث وإن كنا نعرف المعادلات التي تتحكم فيه . فالعلم لا يستطيع التنبؤ بمستقبل المجتمع البشري ولا يستطيع حتى التنبؤ بما إذا كان له أي مستقبل أصلاً . ووجه الخطر هنا هو أن قدرتنا على إفساد أو تدمير البيئة أو أحدنا الآخر ، تتزايد بسرعة أكبر كثيراً مما لنا من حكمة في استخدام هذه القدرة .

وأيا كان ما سيحدث للأرض فإن سائر الكون سيستمر رغم ذلك . وفي ما يبدو فإن حركة الكواكب حول الشمس هي في النهاية حركة فوضوية ، وإن كان ذلك بمقياس زمني طويل . وهذا يعني أن الأخطاء التي في أي تنبؤ تصبح أخطاء أكبر بمرور الزمن . وبعد وقت معين ، يصبح من المستحيل التنبؤ بالحركة تفصيلياً . وفي استطاعتنا أن نكون واثقين إلي حد كبير من أنه لزمن جد طويل لن يحدث أن الأرض ستلاقي الزهرة عن قرب ، ولكننا لا نستطيع أن نكون واثقين من أن الاضطرابات الصغيرة التي تحدث في الأفلاك لا يمكن أن تتضايف لتسبب لقاء كهذا بعد مرور بليون سنة من الآن . كذلك فإن حركة الشمس والنجوم الأخرى حول المجرة ، وحركة المجرة في المجموعة المحلية من المجرات هي أيضاً حركة فوضوية . ونحن نرصد أن المجرات الأخرى تتحرك بعيداً عنا ، وأنها كلما كانت أبعد عنا ، زادت سرعة حركتها بعيداً . وهذا يعني أن الكون يتمدد في جيرتنا : فالمسافات بين المجرات المختلفة تتزايد بمرور الوقت .

وهناك دليل على أن هذا التمدد سلس وليس فوضوياً ، وهذا الدليل يُستقى من خلفية الإشعاع الميكروويفي التي نرصدها قادمة من الفضاء الخارجي . وأنت نفسك تستطيع أن ترصد هذا الإشعاع بأن تحول مفتاح جهاز تليفزيونك إلى قناة خالية . وستكون نسبة مئوية صغيرة من النقاط التي تراها على الشاشة هي بسبب موجات ميكروويف آتية مما وراء المنظومة الشمسية . وهي من نفس نوع الإشعاع الذي تحصل عليه في فرن ميكروويف ولكنها أضعف كثيراً . فهي لن ترفع درجة حرارة الطعام إلا بما يساوي ٧ ,٢ درجة فوق الصفر المطلق ، وبالتالي فإنها لن تفيد كثيراً في تسخين البيتزا التي أخذتها معك من مكان بيعها . وهذا الإشعاع كما يعتقد قد تخلف عن طور ساخن مبكر للكون . على أن أروع ما فيه هو أن كمية هذا الإشعاع تبدو متساوية في كل اتجاه بمقدار متقارب جداً .

وهذا الإشعاع قد تم قياسه بدقة بالغة باستخدام القمر الصناعي المسمى «مستكشف الخلفية الكونية» ، وخريطة السماء التي صنعت من هذه الأرصاد تبين درجات الحرارة المختلفة لهذا الإشعاع . وهذه الدرجات تختلف في الاتجاهات المختلفة ، ولكن هذه التباينات صغيرة جداً ، بما لا يزيد عن جزء واحد من مائة ألف . ويجب أن يكون هناك بعض اختلاف في موجات الميكروويف التي من اتجاهات مختلفة لأن الكون ليس سلساً بالكامل ، فهناك أوجه عدم انتظام محلية مثل النجوم والمجرات وتجمعات المجرات . ولكن التباينات التي في خلفية أشعة الميكروويف هي صغيرة بالقدر الذي يمكن احتماله ، بما يتوافق مع أوجه عدم الانتظام المحلية التي نرصدها .

فخلفية الميكروويف تتماثل في كل اتجاه بما يبلغ ٩٩,٩٩٩ جزء من ١٠٠,٠٠٠ جزء .

هذا وقد كان الناس يعتقدون في قديم الزمان أن الأرض هي في مركز الكون . وبالتالي فإنهم ما كانوا سيدهشون من أن أشعة الخلفية متماثلة في كل اتجاه . على أننا منذ عهد كوبرنيكوس وقد انحدرت مرتبتنا إلى مجرد كوكب صغير يدور من حول نجم عادي جداً على الحرف الخارجي لمجرة نمطية هي فحسب واحدة من مائة بليون مجرة يمكننا رؤيتها . فنحن الآن في حال بالغ التواضع بحيث لا يمكننا ادعاء أي وضع متميز في الكون ، وبالتالي ، فنحن يجب أن نفترض أن إشعاع الخلفية هو أيضاً متماثل في أي اتجاه عند أي مجرة أخري .

وهذا لا يجوز إلا إذا كانت الكثافة المتوسطة للكون هي وسرعة تمدده متماثلة في كل مكان . وأي تباين يحدث في الكثافة المتوسطة أو سرعة التمدد عبر منطقة كبيرة سيسبب أن تكون خلفية الميكروويف مختلفة في الاتجاهات المختلفة . وهذا يعني أن الكون بالمقياس الكبير جداً يسلك سلوكاً بسيطاً وليس فوضوياً . وبالتالي فإنه يمكن التنبؤ به في المستقبل البعيد .

وحيث أن تمدد الكون جد متسق هكذا ، فإننا نستطيع أن نوصّفه بلغة من رقم واحد ، هو المسافة التي بين مجرتين . وهذه تتزايد في وقتنا الحالي ، على أنه يمكننا أن نتوقع أن الشد الجذبوي بين المجرات المختلفة يعمل على إبطاء سرعة التمدد . ولو كانت كثافة الكون أكبر من قيمة حرجة معينة ، فإن الشد الجذبوي سيوقف في النهاية تمدد الكون ويجعل الكون يبدأ في

الانكماش ثانية . وسوف يتقلص الكون إلى انسحاق كبير . وهذا سيشبه نوعاً الانفجار الكبير الذي بدأ به الكون . وستكون حالة الانسحاق الكبير مما يسمى بمفردة ، أي حالة من كثافة لا متناهية تنهار عندها قوانين الفيزياء . وهذا يعني أنه حتى لو كان هناك أحداث بعد الانسحاق الكبير ، فإنه لا يمكن التنبؤ بما يقع عندها . إلا أنه بدون صلة سببية بين الأحداث ، لا توجد طريقة ذات معنى يمكن للمرء بها أن يقول إن أحد الأحداث قد وقع بعد آخر . ويمكننا أيضاً أن نقول إن كوننا قد وصل إلى نهايته بالانسحاق الكبير وأن أي أحداث بعد ذلك هي جزء من كون آخر منفصل . والأمر يشبه نوعاً عملية التناسخ . فما هو المعنى الذي يمكن لنا أن نضفيه على الزعم بأن طفلاً جديداً يماثل شخصاً قد مات إذا كان هذا الطفل لم يرث أي خصائص أو ذكريات من حياته السابقة؟ وهكذا يمكننا أيضاً أن نقول إن هذا فرد مختلف .

وإذا كانت الكثافة المتوسطة للكون أقل من القيمة الحرجة ، فإنه لن يعاود التقلص وإنما سيستمر في التمدد إلى الأبد . وبعد وقت معين ستصبح الكثافة جد منخفضة بحيث أن الشد الجذبوي لن يكون له أي تأثير ذي مغزى على إبطاء التمدد . وستواصل المجرات تباعدها بسرعة ثابتة .

وبالتالي ، فإن السؤال الحاسم عن مستقبل الكون هو : ما هي الكثافة المتوسطة؟ وإذا كانت هذه أقل من القيمة الحرجة سيظل الكون يتمدد إلى الأبد . ولكنها إذا كان أكبر ، فإن الكون سيعاود التقلص وسوف يصل الزمان نفسه إلى نهايته عند الانسحاق الكبير . على أن عندي بعض ميزات

أتفوق بها على المتنبئين الآخرين بنهاية الكون . فحتى لو كان الكون سيعاود التقلص ، إلا أنني أستطيع أن أتنبأ واثقاً بأنه قبلها لن يتوقف عن التمدد لمدة عشرة بلايين عام على الأقل . ولست أتوقع أني سأكون موجوداً وقتها ليثبت أحدهم خطأي .

ونحن نستطيع أن نحاول تقدير الكثافة المتوسطة للكون من المشاهدات . وإذا أحصينا النجوم التي يمكننا رؤيتها وجمعنا كتلتها معاً ، سنحصل على أقل من واحد في المائة من الكثافة الحرجة . وحتى لو أضفنا كتل سحب الغاز التي نرصدها في الكون ، فإن هذا لن يصل بالمجموع إلا لحوالي واحد في المائة فقط من القيمة الحرجة . على أننا نعرف أن الكون لا بد وأنه يحوي أيضاً ما يسمى بالمادة المظلمة ، التي لا يمكننا ملاحظتهامباشرة . وأحد الأدلة على وجود هذه المادة المظلمة هو ما يُستقى من المجرات اللولبية . وهذه عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز في شكل قرص فطيرة . ونحن نرصد أنها تدور حول مركزها ، ولكن سرعة الدوران يبلغ من علوها أنها كافية لأن تجعلها تتطاير متباعدة لو كانت تحوي فحسب الغاز والنجوم التي نرصدها . فهناك ولا بد شكلٌ ما من المادة اللامرئية لها شدّ جذبوي كبير بما يكفي للإبقاء على المجرات متماسكة معاً وهي تدور .

وثمة دليل آخر على المادة المظلمة يُستقى من مجموعات المجرات . فنحن نرصد أن المجرات ليست موزعة باتساق خلال الفضاء فهي تتجمع معاً في مجموعات تترواح من مجرات معدودة إلى ملايين المجرات . وفي ما يفترض فإن هذه المجموعات تتكون لأن المجرات يجذب أحدها الآخر في

مجموعات . إلا أنه يمكننا أن نقيس السرعات التي تتحرك بها أفراد المجرات في هذه المجموعات . وسنجد أنها سرعات عالية جداً بحيث أن المجرات كانت ستتطاير متباعدة لولا أنها ممسوكة معاً بشد جذبوي . والكتلة المطلوبة لذلك هي أكبر بقدر له اعتباره من كتل كل المجرات . وهذا هو الحال حتى لو اعتبرنا أن المجرات لها الكتل المطلوبة لأن تتماسك معاً وهي تدور . وبالتالي ، فإنه يترتب على ذلك أنه لا بد وأن هناك مادة مظلمة إضافية موجودة في مجموعات المجرات خارج المجرات التي نراها .

ويمكننا أن نعطي تقديراً موثوقاً به إلى حد كبير عن كمية المادة المظلمة في هذه المجرات ومجموعات المجرات . وهو تقدير لدينا دليل أكيد بشأنه . إلا أن هذا التقدير مازال فحسب حوالي عشرة في المائة من الكثافة الحرجة اللازمة لأن تسبِّب تقلُّص الكون ثانية . وبالتالي ، فلو أننا اتبعنا فحسب برهان المشاهدات ، فسوف نتنبأ بأن الكون سوف يستمر على التمدد إلى الأبد . وبعد خمسة بلايين عام أخرى أو ما يقرب ، ستصل الشمس إلى انتهاء وقودها النووي . وسوف تنتفخ إلي ما يسمى عملاقاً أحمر حتى تبتلع الأرض والكواكب الأخرى الأقرب . ثم إنها ستستقر بعدها لتصبح نجماً قزماً أبيض عرضه آلاف معدودة من الأميال . وبالتالي ، فإني أتنبأ هكذا بنهاية العالم ، ولكن ليس في زمن قريب . ولا أظن أن هذا التنبؤ سيؤدي إلى هبوط الأسعار كثيراً في سوق الأوراق المالية . على أنّ هناك في الأفق مشكلة أو مشكلتين على نحو أكثر فورية . وعلى أي حال فإنه مع حلول وقت انفجار الشمس ينبغي أن نكون قد اتقنّا فن السفر ما بين النجوم بشرط

ألا نكون قد دمرنا أنفسنا قبلها .

وبعد عشرة بلايين عام أو مايقرب ، ستكون معظم النجوم في الكون قد انتهت محترقة . والنجوم التي تكون كتلتها ككتلة الشمس سوف تصبح إما أقزاما بيضاء أو نجوماً نيوترونية ، وهذه الأخيرة أصغر حتى من الأقزام البيضاء وأشد كثافة عنها . أما النجوم ذات الكتلة الأكبر فإنها يمكن أن تصبح ثقوباً سوداء ، وهذه حتى أشد صغراً ولها مجال جذبوي شديد بحيث لا يستطيع أي ضوء الإفلات منها . إلا أن هذه البقايا الثقوب ستواصل الدوران حول مركز مجرتنا بمعدل مرة كل مائة مليون سنة . وتلاقي هذه البقايا عن قرب وثيق يسبب أن تُقذف قلة معدودة منها خارج مجرتنا في التو . بينما سيستقر الباقي على مدارات أكثر قرباً عند المركز وفي النهاية فإنها تتجمع معاً لتشكل ثقباً أسود مارداً عند مركز المجرة . وأياً ما تكون المادة المظلمة في المجرات ومجموعاتها ، فإنه يمكن أيضاً أن نتوقع لها أنها ستهوي داخل هذه الثقوب السوداء بالغة الكبر .

وبالتالى ، فإنه يمكن افتراض معظم المادة التي في المجرات وتجمعاتها سوف ينتهي بها الأمر أخيراً في ثقوب سوداء . على أنه حدث أنني اكتشفت من بعض زمن أن الثقوب السوداء ليست سوداء بمثل ما طليت به . فمبدأ عدم اليقين بميكانيكا الكم يذكر أن الجسيمات لا يمكن أن يكون لها معاً موضع محدد جيداً وسرعة محددة جيداً . وكلما زادت دقة تحديد موضع الجسيم ، قلت دقة تحديد سرعته ، والعكس بالعكس . وإذا كان أحد الجسيمات داخل ثقب أسود ، فإن موضعه يكون محدداً جيداً بأنه من

داخل الثقب الأسود . وهذا يعني أن سرعته لا يمكن تحديدها على وجه الدقة . وبالتالي ، فإن من الممكن أن تكون سرعة الجسيم أكبر من سرعة الضوء . وهذا سيجعل الجسيم قادراً على الإفلات من الثقب الأسود . وهكذا فإن الجسيمات والإشعاع تتسرب ببطء من الثقب الأسود . والثقب الأسود العملاق الذي عند مركز المجرة سيكون عرضه ملايين من الأميال . وبالتالي ، فإنه سيكون هناك قدر كبير من عدم اليقين بالنسبة لموضع جسيم من داخله . وبهذا فإن عدم اليقين في سرعة الجسيم سيكون صغيراً وهذا يعني أن الجسيم سيستغرق زمناً طويلاً جداً للإفلات من الثقب الأسود . ولكنه سوف يفعل ذلك في النهاية . والثقب الأسود الكبير الذي في مركز المجرة يمكن له أن يستغرق $١٠^{٩٠}$ سنة ليتلاشى متبخراً ويختفي بالكامل ، أي بعد رقم من واحد يتبعه تسعون صفراً . وهذا أطول كثيراً من العمر الحالي للكون الذي هو فحسب مجرد $١٠^{١٠}$ سنة ، أي واحد يتبعه عشرة أصفار . على أنه سيكون ثمة وقت كاف ، لو كان الكون سيتمدد إلى الأبد .

ومستقبل الكون الذي يتمدد للأبد مستقبل ممل نوعاً . على أنه ليس من المؤكد قط أن الكون سيتمدد للأبد . وليس لدينا دليل أكيد إلا على ما يصل فقط إلى وجود عشر الكثافة اللازمة لأن تجعل الكون يعاود التقلص . ومع هذا ، فقد تكون هناك أنواع أخرى من المادة المظلمة لم نكتشفها بعد ويمكن أن تزيد من الكثافة المتوسطة للكون لتصل إلى القيمة الحرجة أو أكثر منها . وهذه المادة المظلمة الإضافية يجب أن يكون موقعها خارج المجرات ومجموعاتها ، وإلا لكنا لاحظنا تأثيرها في دوران المجرات أو تحركات

المجرات الموجودة في مجموعات .

لماذا ينبغي أن نرتأي أنه قد يكون هناك مادة مظلمة كافية لأن تجعل الكون يعاود التقلص في النهاية؟ لماذا لا نؤمن فحسب بالمادة التي يوجد لدينا دليل أكيد عليها؟ السبب في ذلك هو أنه حتى لو كان لدينا الآن فحسب عُشر الكثافة الحرجة ، فإن هذا يتطلب اختياراً للكثافة الابتدائية ولمعدل التمدد ، يكون اختياراً فيه من الدقة قدر بالغ بما لا يصدق . فلو أن كثافة الكون بعد ثانية من الانفجار الكبير كانت أكبر بجزء واحد من ألف بليون جزء ، لتقلص الكون ثانية بعد عشر سنين . ومن الناحية الأخرى لو كانت كثافة الكون في ذلك الوقت أقل بنفس القدر ، لكان الكون في جوهره خواء عند ما يصل إلى عمر يقارب السنوات العشر .

كيف حدث أن تم اختيار الكثافة الابتدائية للكون بكل هذه الدقة؟ لعل هناك سبب ما لأنْ يكون للكون في ما ينبغي قَدْرٌ من الكثافة هو بالضبط الكثافة الحرجة؟ وفي ما يبدو فإن هناك تفسيرين محتملين لذلك . الأول هو ما يسمى بالمبدأ الإنساني الذي يمكن صياغته كالتالي : الكون هو ما هو عليه لأنه لو كان مختلفاً ، لما كنا موجودين هنا لنرصده . والفكرة هي أنَّ من الممكن أن توجد أكوان كثيرة مختلفة ذات كثافات مختلفة . والأكوان التي لها كثافة قريبة جداًمن الكثافة الحرجة هي وحدها التي تظل باقية للزمن الكافي ، والتي ستحوي المادة الكافية ، لتكوين النجوم والكواكب . وهذه الأكوان وحدها هي التي سيكون فيها كائنات ذكية تسأل السؤال التالي : ما هو السبب في أن الكثافة قريبة جداً من الكثافة الحرجة؟ وإذا كان هذا هو

تفسير كثافة الكون الحالية ، فإنه لن يكون هناك أي سبب للاعتقاد بأن الكون يحوي مادة أكثر مما اكتشفناه من قبل . فعُشر الكثافة الحرجة فيه من المادة ما يكفي لتشكيل المجرات والنجوم .

على أن المبدأ الإنساني لا يحبه الكثيرون من الناس لأنه في ما يبدو يعطي أهمية أكثر من اللازم لوجودنا نحن أنفسنا . وبالتالي ، فقد دار البحث عن تفسير آخر ممكن للسبب في أن تكون الكثافة في ما ينبغي قريبة جداً من القيمة الحرجة . وقد أدى هذا البحث إلى نظرية الانتفاخ (التضخم) في الكون المبكر . والفكرة هي أن حجم الكون ربما استمر يتضاعف بنفس الطريقة التي تتضاعف بها الأسعار كل شهور معدودة في البلاد التي تعاني من تضخم بالغ . على أن تضخم الكون يكون أسرع كثيراً وأشد تطرفاً : فتزايد الكون في انتفاخ بسيط بعامل لا يقل عن بليون سوف يؤدي إلى أن يصبح للكون كثافة تكاد تناهز بالضبط الكثافة الحرجة وسيؤدي إلى أن يظل الكون حتى الآن قريباً جداً من الكثافة الحرجة . وبالتالي إذا كانت نظرية الانتفاخ صحيحة ، فإن الكون يجب أن يحوي قدراً من المادة المظلمة يكفي لأنْ يصل بالكثافة إلى الكثافة الحرجة . وهذا يعني أن الكون يحتمل أن يعاود التقلص في النهاية ولكن هذا لن يكون إلا لما لا يزيد كثيراً عن خمسة عشر بليون عام أو ما يقارب ذلك ، أي بعد نفس المدة التي ظل الكون فيها يتمدد من قبل .

ما الذي يمكن أن تكونه المادة المظلمة الإضافية التي يجب أن توجد لو كانت نظرية الانتفاخ صحيحة؟ من المحتمل في ما يبدو أنها تختلف عن

المادة العادية . أي النوع الذي يصنع النجوم والكواكب . وفي استطاعتنا أن نحسب كميات شتى العناصر الخفيفة التي قد يتم إنتاجها في الأطوار المبكرة الساخنة من الكون في أول ثلاث دقائق بعد الانفجار الكبير . وكميات هذه العناصر الخفيفة تعتمد على كمية المادة الطبيعية في الكون . ويمكننا عمل رسم بياني توضع فيه كمية العناصر الخفيفة على المحور الرأسي وكمية المادة الطبيعية في الكون على المحور الأفقي . وسنجد توافقاً تاماً مع ما نلاحظه من كمياته الوافرة عندما تكون الكمية الكلية للمادة الطبيعية هي فحسب ما يقرب من عُشر القيمة الحرجة الآن . ومن الجائز أن هذه الحسابات على خطأ ، ولكن حقيقة أننا نحصل على كميات الوفرة المرصودة لعناصر عديدة مختلفة لهي حقيقة مثيرة تماماً .

وإذا كان هناك كثافة حرجة للمادة المظلمة فإن المرشحين الأساسيين لما قد تكوّنه هذه المادة هم من البقايا التي تخلفت عن الأطوار المبكرة من الكون . وأحد الإمكانات هو من الجسيمات الأولية . وثمة جسيمات افتراضية عديدة ترشح لذلك ، وهي افتراضية بمعنى أننا نعتقد أنها قد تكون موجودة ولكننا لم نكتشفها بالفعل بعد . على أن أكثر شيء واعد هو جسيم لدينا دليلٌ وجيه على وجوده وهو النيوترينو . وكان الظن أنه ليس له كتلة خاصة به ، على أن بعض المشاهدات الحديثة تطرح أن النيوترينو قد تكون له كتلة صغيرة . وإذا ثبت ذلك ووجد أن هذه الكتلة لها القيمة الملائمة ، فإن جسيمات النيوترينو ستعطي من الكتلة ما يكفي لأن يصل بكثافة الكون إلى القيمة الحرجة .

وأحد الإمكانات الأخرى هو الثقوب السوداء . فمن الممكن أن يكون الكون المبكر قد تعرض لما يسمى بالطور الانتقالي . وغليان الماء وتجمده هما أمثلة لأطوار انتقالية ، وفي الطور الانتقالي نجد أن الوسط الذي يكون أصلاً وسطاً متجانساً ، كالماء مثلاً ، تنشأ فيه أوجه عدم انتظام أو غير النظاميات التي يمكن أن تكون في حالة الماء قطع الثلج أو فقاقيع البخار . وغير النظاميات هذه قد تتقلص لتشكل ثقباً أسود . وإذا كانت الثقوب السوداء صغيرة جداً ، فإنها بحلول وقتنا هذا تكون قد تبخرت بسبب تأثيرات مبدأ عدم اليقين في ميكانيكا الكم مما سبق توصيفه . أما إذا كان للثقوب السوداء كتلة تزيد عن بلايين معدودة من الأطنان (أي مثل كتلة أحد الجبال) ، فإنها ستكون الآن ما زالت موجودة ولكن سيكون الكشف عنها بالغ الصعوبة .

والطريقة الوحيدة التي يمكننا بها الكشف عن المادة المظلمة التي كانت موزعة باتساق خلال الكون كله ستكون عن طريق تأثيرها في تمدد الكون . وفي استطاعتنا أن نحدد معدل الإبطاء في سرعة التمدد بأن نقيس السرعة التي تبتعد بها المجرات البعيدة عنا . والنقطة هي أننا نرصد هذه المجرات في الماضي البعيد عندما فارقها الضوء ليقوم برحلته إلينا . وسيمكننا عمل رسم بياني لسرعة المجرات إزاء ضيائها الظاهري أو مرتبتها ، وهذا قياس لمسافة بُعدها عنا . والخطوط المختلفة التي على هذا الرسم البياني تقابل المعدلات المختلفة لابطاء سرعة التمدد . فالمنحنى الذي ينحني لأعلى يقابل كوناً سوف يعاود التقلص . ويبدو أن المشاهدات تدل لأول وهلة على معاودة

التقلص . ولكن المشكلة هي أن الضياء الظاهري لإحدى المجرات ليس دالة جيدة على مسافة بعدها عنا . فهناك تباين له قدره في الضياء الفعلي للمجرات ، وليس هذا فحسب بل إن هناك أيضاً برهاناً على أن ضياء المجرات يختلف بمرور الوقت . وحيث أننا لا نعرف المقدار الذي نسمح به لنشأة الضياء فإننا لا نستطيع بعد أن نعرف معدل إبطاء السرعة : أي إن كان هذا المعدل سريعاً بما يكفى لأن يصل الكون في النهاية إلى التقلص ثانية ، أو أن الكون سيستمر على التمدد إلى الأبد . وسوف ننتظر الإجابة عن ذلك حتى ننشىء طرائق أفضل لقياس مسافة بعد المجرات . إلا أنه في وسعنا أن نكون واثقين من أن معدل إبطاء السرعة ليس معدلاً سريعاً بما يكفي لأن يتقلص الكون في البلايين المعدودة من السنين القادمة .

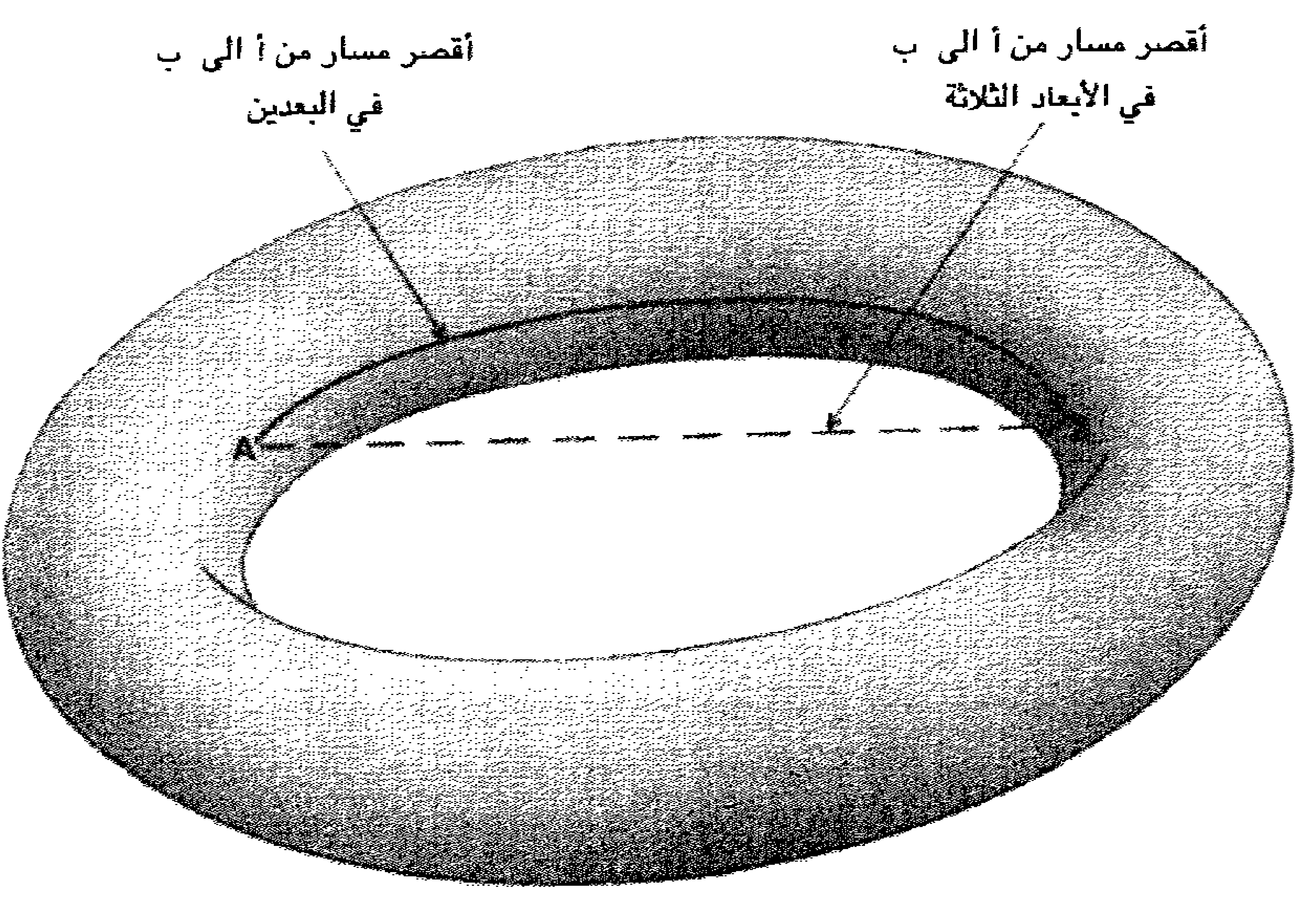
والتمدد إلى الأبد أو التقلص ثانية في مائة بليون سنة لا يعد أي منها توقعاً جد مثير . ألا يوجد شيء ما يمكن أن نفعله لنجعل المستقبل أكثر إثارة؟ وأحد السبل التي تؤدي لذلك على وجه التأكيد هي أن نوجّه أنفسنا لداخل أحد الثقوب السوداء . ويجب أن يكون هذا الثقب كبيراً نوعاً ما ، أي أن تكون كتلته أكثر من مليون مثل كتلة الشمس . على أن هناك فرصة طيبة لوجود ثقب بهذا القدر عند المركز من مجرتنا .

ونحن لسنا واثقين تماماً مما سيحدث داخل الثقب الأسود . وهناك حلول لمعادلات النسبية العامة تسمح للواحد منا بأن يهوى داخل الثقب الأسود ليخرج من ثقب أبيض في بعض مكان آخر . والثقب الأبيض هو العكس الزماني للثقب الأسود . وهو جرم يمكن للأشياء أن تخرج منه ولكن لا

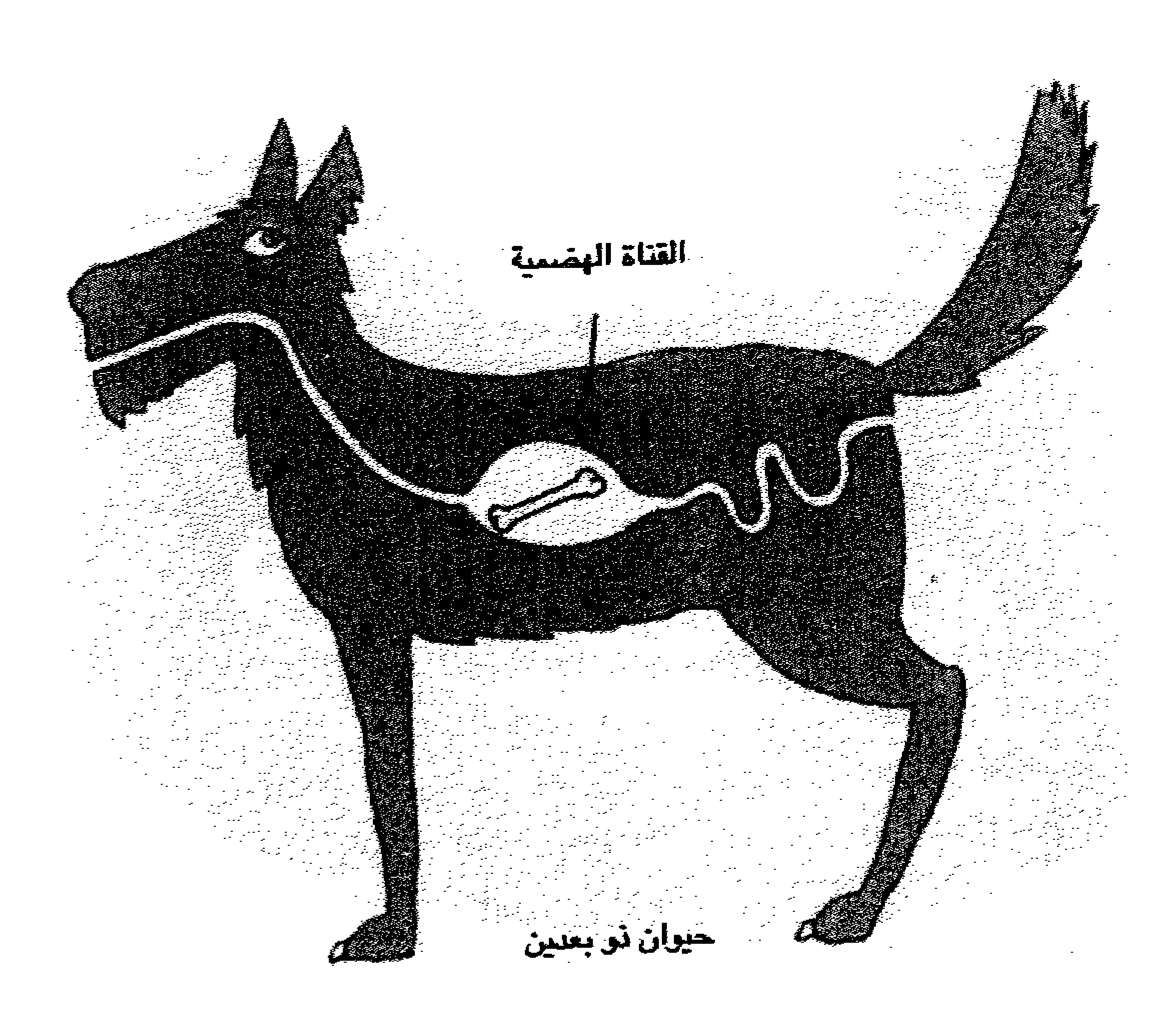
يوجد أي شيء يمكنه أن يهوي لداخله . والثقب الأبيض يمكن أن يكون موجوداً في جزء آخر من الكون . وهذا في ما يبدو يطرح إمكاناً للقيام برحلات سريعة ما بين المجرات . والمشكلة هي أنها قد تكون رحلات بالغة السرعة بأكثر مما ينبغي . ولو كان السفر من خلال الثقوب السوداء ممكن ، فسيحدث في ما يبدو أنه لن يكون هناك أي شيء يمنع وصولك وراء[٢] قبل أن تبدأ الرحلة . ويمكنك عندها أن تقوم بأفعال من مثل أن تقتل أمك ، الأمر الذي سيمنعك في المكان الأول من أن تقوم بالرحلة .

لعل من حسن الحظ بالنسبة لاستمرار بقائنا (ولاستمرار بقاء أمهاتنا) أن قوانين الفيزياء في ما يبدو لا تسمح بمثل هذه الرحلة في الزمان . ويبدو أنه توجد (وكالة لحماية التسلسل الزمني) بما يجعل العالم آمناً بالنسبة للمؤرخين وذلك بمنع السفر في الماضي . وما يحدث في ما يبدو هو أن تأثيرات مبدأ عدم اليقين ستسبب وجود قدر كبير من الإشعاع لو سافر الواحد منا في الماضي . وهذا الإشعاع إما أنه سيؤدي إلى انبعاج المكان-الزمان بقدر كبير بحيث لا يمكن العودة وراء في الزمان ، أو أنه سيؤدي إلى أن يصل المكان- الزمان إلى نهايته في مفردة مثل الانفجار الكبير والانسحاق الكبير . وفي أيٍ من الحالين ، سيكون الماضي آمناً من الأشخاص ذوي الأفكار الشريرة . وفرض (حماية التسلسل الزمني) تدعمه بعض الحسابات الحديثة التي قمت بها وبعض أفراد آخرين . على أن أفضل برهان لدينا على أن السفر في الزمان ليس ممكناً ولن يكون قط ممكناً ، هو أننا لم يحدث لنا أن تم غزونا بحشود من سياح آتين من المستقبل .

وتلخيصاً لما سبق : فإن العلماء يعتقدون أن الكون محكوم بقوانين محددة جيداً هي من حيث المبدأ تسمح للمرء بأن يتنبأ بالمستقبل . ولكن الحركة التي تعطيها هذه القوانين هي في الغالب فوضوية . وهذا يعني أن أي تغيير بسيط في الحالة الابتدائية يمكن أن يؤدي إلى تغيير في السلوك اللاحق سرعان ما يتنامى ليصبح تغيراً كبيراً . وبالتالي فإنه من حيث التطبيق ، غالباً ما لا يمكننا التنبؤ بدقة بالمستقبل إلا لزمن قصير فحسب . على أن سلوك الكون بالمقياس الكبير جداً يبدو سلوكاً بسيطاً وليس فوضوياً . وبالتالي ، فإنه يمكننا التنبؤ بما إذا كان الكون سيتمدد إلى الأبد أو أنه سيتقلص ثانية في النهاية . وهذا سيعتمد على الكثافة الحالية للكون . وفي الحقيقة يبدو أن الكثافة الحالية قريبة جداً من الكثافة الحرجة التي فيها الحد الفاصل بين العودة إلى التقلص وبين التمدد اللانهائي . وإذا كانت نظرية الانتفاخ صحيحة ، فإن الكون يكون في الواقع على حرف سكين . وبالتالي فسوف أتبع التقليد الراسخ عند العرافين والمتنبئين بأن أجعل احتمالاتي مطاطة بما يتنبأ بكلا الجانبين .


أقصر مسار من أ الى ب
في البعدين
أقصر مسار من أ الى ب
في الأبعاد الثلاثة
A

طارة


القناة الهضمية
حيوان ذو بعلين

هوامش

(١) محاضرة داروين، ألقيت في جامعة كمبردج في يناير ١٩٩١م.

(٢) المجيئيون (ادفنتيست) أتباع مذهب بأن مجيء المسيح ثانية ونهاية العالم أصبحا قريبين. (المترجم)

(٣) يقصد الرحلة وراءً في الزمان. (المترجم)

14

أسطوانات الجزيرة الصحراوية

(مقابلة)

برنامج أسطوانات (الجزيرة الصحراوية) لهيئة الإذاعة البريطانية بدأت إذاعته في ١٩٤٢ وهو أقدم البرامج المسجلة التي مازالت تذاع في الراديو ، وقد أصبح الآن بمثابة مؤسسة قومية في بريطانيا . فقد أصبح عدد ضيوف هذا البرنامج عبر السنين عدداً هائلاً . فالبرنامج قد أجرى مقابلات مع كُتَّاب ، وممثلين ، وموسيقيين وممثلي ومخرجي أفلام ، وشخصيات رياضية ، وكوميديانات ، وطهاة ، وبستانيين ، ومدرسين ، وراقصين وسياسيين ، وأفراد أسر ملكية ، ورسامي كاريكاتير- وعلماء . والضيوف الذين يشار إليهم دائماً على أنهم قد نجوا من الغرق . يطلب منهم اختيار ثماني أسطوانات يأخذونها معهم لو أُلقي بهم وحدهم على شاطىء جزيرة

صحراوية . كما يطلب منهم أيضاً ذكر وسيلة رفاهية (يجب أن تكون غير حية) وكتاب لصحبتهم (ومن المفروض أن الكتاب الديني الملائم- أي الانجيل أو القرآن أو ما يوازي ذلك- موجود هناك من قبل هو وأعمال شكسبير) . ومن المسلّم به وجود وسيلة لتشغيل الأسطوانات ، وكانت التنويهات القديمة التي يقدم بها البرنامج تقول عادة « . . . بافتراض أن هناك جرامافوناً وإمداداً لا ينفذ من الإبر لتشغيل الأسطوانات» . أما الآن فيفترض أن الوسيلة المتاحة لسماع الأسطوانات هي جهاز للأسطوانات المضغوطة[1] يعمل بالطاقة الشمسية .

والبرنامج يذاع أسبوعياً ، ويذاع ما يختاره الضيوف من الأسطوانات أثناء إجراء المقابلة التي تستمر عادة لأربعين دقيقة . على أن هذا اللقاء مع ستيفن هوكنج الذي أذيع في يوم عيد ميلاد المسيح في ١٩٩٢ ، كان استثناءً لذلك واستغرق زمناً أطول .

وقد أجرت المقابلة سو لاولي .

سو : بالطبع أنت من أوجه كثيرة ياستيفن على دراية من قبل بالعزلة في جزيرة صحراوية ، حيث أنك معزول عن الحياة البدنية السوية* ومحروم من أي وسيلة من وسائل التواصل الطبيعية . ما هو مدى إحساسك بالوحدة؟

ستيفن : أنا لا أعد نفسي معزولاً عن الحياة السوية ، ولا أعتقد أن الناس المحيطين بي سيقولون ذلك . وأنا لا أحس أني شخص معوّق- وإنما أنا فحسب لديّ بعضُ خللٍ وظيفي في عصباتي الحركية ، بما يشبه نوعاً لو

كنت مصاباً بعمى الألوان وأنا أفترض أنَّ حياتي ليست مما يمكن وصفه بأنها حياة عادية ، ولكني أحسّ بأنها سوية من حيث حيويتها .

سو : ومع ذلك ، فقد برهنت لنفسك بالفعل ، بخلاف معظم الناجين من الغرق في «أسطوانات الجزيرة الصحراوية ، على أنك مكتف ذاتياً ذهنياً وثقافياً ، وأن لديك من النظريات والإلهام ما يكفي لأن يبقيك مشغولاً .

ستيفن : أعتقد أنني بطبيعتي انطوائي بعض الشيء ، ومشاكلي بالنسبة للتواصل قد أجبرتني على أن أعتمد على نفسي . ولكني كنت وأنا صبي كثير الكلام . وأنا أحتاج للنقاش مع أناس آخرين بما يحفزني . وأنا أجد أنه مما يساعدني مساعدة كبيرة في عملي أن أوصّف أفكاري للآخرين . وحتى عندما لا يطرحون أي اقتراحات ، فإن حقيقة أنه سيلزم عليَّ تنظيم أفكاري لأتمكن من شرحها للآخرين ، هذا وحده كثيراً ما يكشف لي عن طريق جديد للسير أماماً .

سو : ولكن ماذا عن الإشباع العاطفي ياستيفن؟ حتى عالم الفيزياء النابه يحتاج ولا بد للناس الآخرين ليجد هذا الإشباع .

ستيفن : الفيزياء ككل أمر طيب جداً ، ولكنها باردة تماماً . وما كان يمكنني أن أواصل حياتي لو كان ما عندي هو الفيزياء وحدها . فأنا كأي واحد آخر أحتاج للدفء والحب والإعزاز . ومرة أخرى أنا محظوظ جداً ، فحظي أكثر جداً من أفراد كثيرين يعانون بمثل ما يعوقني ، ذلك أني أتلقى قدراً كبيراً من الحب والإعزاز . كما أن الموسيقى مهمة جداً لي .

سو : قل لي ، ما الذي يمتعك أكبر ، الفيزياء أم الموسيقى؟

ستيفن : يلزم إن أقول أن المتعة التي أنالها عندما يسير كل شيء بنجاح في الفيزياء هي أشد قوة من أي متعة نلتها من الموسيقى . على أن الأمور لا تسير في حياة المرء المهنية بنجاح هكذا إلا مرات معدودة ، في حين أن المرء يمكنه أن يدير أسطوانة كلما شاء .

سو : وما هي أول أسطوانة ستديرها في جزيرتك الصحراوية؟

ستيفن : «جلوريا» من تأليف بولينك . وقد سمعتها لأول مرة في الصيف الماضي في آسبن بكولورادو ، وأسبن هي أساساً منتجع للتزحلق ، ولكنهم في الصيف يعقدون فيها اجتماعات للفيزياء . ويجوار مركز الفيزياء مباشرة توجد خيمة هائلة حيث يقيمون فيها اجتماعات للفيزياء . ويجوار مركز الفيزياء مباشرة توجد خيمة هائلة حيث يقيمون مهرجانا موسيقياً . وبينما نكون جالسين لاستنباط ما سيحدث عندما تتبخر الثقوب السوداء يمكننا أن نسمع البروفات . وهذا شيء مثالي ، فهو يجمع بين المتعتين الرئيسيتين لي ، الفيزياء والموسيقى . ولو أمكنني أن يكون عندي الاثنان معاً فوق جزيرتي الصحراوية ، لما رغبت في أن يتم إنقاذي . أعني ، ليس قبل أن أصل إلى اكتشاف في الفيزياء النظرية مما أود لو أخبرت كل فرد عنه . أعتقد أنه سيكون مما يتنافى مع أحكام الجزيرة أن يكون عندي طبق استقبال للأقمار الصناعية يمكنني من تلقي أوراق أبحاث الفيزياء بالبريد الالكتروني .

سو : الراديو يمكن أن يغطي على أوجه العجز البدنية ، ولكنه في هذه المناسبة وسيلة لإخفاء أمرٍ آخر . منذ سبع سنوات مضت يا ستيفن ، حدث

أنك فقدت صوتك بالمعنى الحرفي لذلك . هل يمكنك أن تذكر لي ماذا حدث؟

ستيفن : في صيف ١٩٨٥ كنت في جنيف في المركز الأوروبي للبحوث النووية ، حيث هناك معجل جسيمات ضخم ، وكنت أنوي أن أواصل طريقي بعدها إلى بيروث في ألمانيا لسماع سلسلة أوبرات «الخاتم» لفاجنر . ولكني أصبت بالتهاب رئوي وأدخلت على عجل في إحدى المستشفيات . وطرحوا على زوجتي في مستشفى جنيف أن الأمر لا يستحق توصيلي بماكينات الحفاظ على الحياة[٢] . ولكنها لم توافق على أيّ مما قالوه . وأعادتني بالطائرة إلى مستشفى ادنبروكس في كمبردج ، حيث قام جراح يدعى روجر جراي بإجراء عملية شق القصبة الهوائية . وهذه العملية أنقذت حياتي ولكنها أضاعت صوتي .

سو : ولكن كلامك كان على أي حال وقتها مدغماً جداً ويصعب فهمه ، أليس كذلك؟ وبالتالي ، فإن قدرتك على الكلام في ما يفترض ، كانت بأي حال سوف تزول عنك في النهاية ، أليس كذلك؟

ستيفن : رغم أن كلامي كان مدغماً ويصعب فهمه ، إلا أن الأفراد القريبين مني ظل في إمكانهم فهمي . وكنت أستطيع المحاضرة في الندوات من خلال مفسّر لي ، كما كنت أستطيع إملاء أوراق البحث العلمية . ولكني ظللت زمناً بعد عمليتي وأنا مدمَّر وأحسست أني إن لم أستطع استعادة صوتي فإن الحياة لا تستحق مواصلتها .

سو : ثم قرأ أحد خبراء الكمبيوتر في كاليفورنيا عن مأزقك وأرسل لك

صوتاً . كيف يعمل هذا الصوت؟

ستيفن : الخبير اسمه والتر ولتوتز . وكانت حماته عندها نفس الحالة مثلي ، وبالتالي فقد طوّر برنامج كمبيوتر لمساعدتها على التواصل . ويتحرك مؤشّر عبر شاشة . وعندما يكون فوق الكلمة التي تختارها تشغل زراً إما بالرأس أو بحركة من العين ، أو باليد كما في حالتي . وبهذه الطريقة ، يمكن للمرء أن يختار كلمات مطبوعة على النصف السفلي من الشاشة . وعندما يتم للواحد تكوين مايريد قوله ، يمكنه أن يرسله إلي مخلق كلام أو أن يحفظه على أسطوانة .

سو : ولكن هذه طريقة بطيئة .

ستيفن : إنها بطيئة ، بما هو تقريبا عُشر سرعة الكلام الطبيعي . ولكن مخلق الكلام أوضح كثيراً مما كنت عليه قبلها . والبريطانيون يصفون لكنته بأنها أمريكية ، ولكن الأمريكيين يقولون إنها لكنة اسكندنافية أو آيرلندية . على كل حال ، أيّاً ما تكونه ، فإن كل فرد يمكنه فهمها . وكان طفليّ الأكبران قد تكيفا مع صوتي الطبيعي وهو بسوء حالاً ، أما أبني الأصغر الذي كان عمره ست سنوات فقط وقت عملية شق قصبتي الهوائية فإنه لم يستطع أبداً فهمي قبلها . أما الآن فهو لا يجد صعوبة في ذلك . وهذا يعني الشيء الكثير لي .

سو : ويعني أيضاً أن في وسعك أن تطالب بتبليغ مسبق بوقت كاف عن أي أسئلة مما يسأله من يجرون المقابلات معك ولا يلزمك الإجابة إلا وأنت مهيأ مستعد ، أليس كذلك؟

ستيفن : بالنسبة للبرامج الطويلة المسجلة مثل هذا البرنامج ، سيكون مما يساعد أن يكون لدي تبليغ مسبق بالأسئلة حتى لا أستهلك ساعات وساعات من شريط التسجيل . وهذا على نحو ما يتيح لي تحكما أكبر . ولكني أفضل حقاً أن أجيب عن الأسئلة مباشرة وأنا أفعل ذلك بعد الندوات العلمية وبعد المحاضرات الشعبية .

سو : ولكن كما قلت أنت ، هذه العملية تعني أن لديك تحكماً في الأمر ، وأنا أعرف أن هذا أمر مهم جداً بالنسبة لك . فأفراد عائلتك وأصدقاؤك يدعونك بأنك عنيد أو محب للسيطرة . هل تعترف بهذه التهم التي يتهمونك بها؟

ستيفن : أي واحد لديه أدنى عقل سيُدعى أحيانا بأنه عنيد . وأنا أفضل أن أقول إني من ذوي العزم . ولولا أني إلي حد ما من ذوي العزم ، لما كنت هنا الآن .

سو : هل كنت دائماً هكذا؟

ستيفن : كل ما أوده هو أن يكون لي القدرة على التحكم في حياتي بنفس قدر تحكم الناس الآخرين في حياتهم . فكثيراً جداً ما يحدث أن الأفراد المعوقين يتحكم الآخرون في حياتهم . وما من شخص جسمه سليم سيتقبل ذلك .

سو : هيا أخبرنا بأسطوانتك الثانية .

ستيفن : إنها كونسرتو الفيولينه لبرامز . كانت هذه أول أسطوانة طويلة

الزمن أشتريها . وكان ذلك في ١٩٥٧ وقد ظهرت حديثاً في بريطانيا الأسطوانات ذات اللفات الثلاث والثلاثين في الدقيقة . وكان أبي سيعتبر أن شراء جهاز تشغيل أسطوانات هو اندفاع ذاتي طائش ، ولكني أقنعته بأني أستطيع أن أجمع جهازاً من أجزاء يمكنني شراؤها بثمن بخس . وأعجبه هذا كرجل أصله من يوركشير . وركّبت القرص الدوار ومكبر الصوت على صندوق جراما فون قديم مما كانت سرعته ٧٨ . ولو أنني احتفظت به لكان له الآن قيمة كبيرة جداً .

وإذ انهيت تركيب جهاز تشغيل جهاز الأسطوانات هذا ، أصبحت في حاجة لأسطوانة أديرها عليه . واقترح أحد أصدقاء المدرسة كونسرت الفيولينة لبرامز ، حيث لم يكن لدى أي واحد في دائرتنا بالمدرسة أسطوانة لها . وأذكر أنها كلفتني خمسة وثلاثين شلناً ، وكان هذا مبلغاً كبيراً في تلك الأيام ، خاصة بالنسبة لي ـ وأسعار الأسطوانات قد ارتفعت ، ولكنها الآن أقل كثيراً باللغة الحقيقية للنقود .

وعندما سمعت هذه الأسطوانة لأول مرة في أحد المتاجر ، اعتقدت أنها تبدوغريبة نوعاً ،ولم أكن واثقاً من أني أعجبت بها ، ولكني أحسست أنه يلزم عليّ القول بأني معجب بها . وعلى أي حال ، فإنّها بمرور السنين أصبحت تعني الشيء الكثير لي أود سماع بداية الحركة البطيئة .

سو : تحدث أحد أصدقاء العائلة القدامى فقال عن عائلتك وأنت صبي ، وأنا هنا أذكر كلماته ، «إنها كانت عائلة ذات ذكاء مرتفع ، وذات مهارة بالغة وتطرف بالغ » بالنظر وراءً هل تعتقد أن هذا وصف عادل ؟

ستيفن : لا أستطيع التعليق عما إذا كانت عائلتي ذكية ، ولكننا بكل تأكيد لم نكن نحس بأننا متطرفون . وعلى كل ، فأنا أفترض أننا ربما بدونا كذلك بمقاييس سانت ألبانز التي كانت ونحن نعيش فيها بلداً وقوراً إلى حد كبير .

سو : وكان أبوك متخصصاً في أمراض المناطق الحارة .

ستيفن : اشتغل أبي بالبحث في أمراض المناطق الحارة . وكثيراً ما كان يذهب لأفريقيا ليجرب أدوية جديدة في هذا المجال

سو : وبالتالي ، فإن والدتك كان لها التأثير الأكبر فيك ، وإذا كان الأمر هكذا كيف تحدد لنا هذا التأثير ؟

ستيفن : لا ، ما أقوله هو إن أبي الذي كان له التأثير الأكبر ، لقد اتخذته نموذجاً لي . ولما كان باحثاً علمياً ، فقد أحسست بأن البحث العلمي هو طبيعياً العمل الذي سأمارسه عندما أكبر . والفارق الوحيد هو أني لم أكن أميل إلى الطب أو البيولوجيا لأنهما كانا يبدوان لي على درجة بالغة من عدم الدقة وفيهما توصيف أكثر من اللازم . كنت أريد شيئاً أساسياً بأكثر ، ووجدت ذلك في الفيزياء .

سو : قالت أمك إنك كان لديك دائما ما وصفته بأنه حس قوي لما يدهش . فقالت ،كنت أستطيع أن أرى أن النجوم يمكن أن تشده ، هل تذكر ذلك ؟

ستيفن : أذكر ذات ليلة أني كنت عائداً إلى البيت متأخراً من لندن . وفي تلك الأيام كانوا يطفئون أنوار الشوارع عند منتصف الليل ليوفروا النقود .

ورأيت سماء الليل كما لم أرها من قبل ، ودرب التبانة يمر عبرها مباشرة . لن تكون هناك أنوار للشارع في جزيرتي الصحراوية ، وبالتالي ينبغي أن أحظى بمشهد جيد للنجوم .

سو : واضح أنك كنت ذكياً جداً وأنت طفل ، وكنت تتنافس بحمية في بيتكم في مباريات مع أختك ، ولكن كان من الممكن أن يصل ترتيبك عملياً للقاع في فصلك بالمدرسة وأنت لا تبالي بذلك ، أليس كذلك ؟

ستيفن : كان ذلك في أول سنة لي في مدرسة سانت ألبانز . ولكن ينبغي أن أقول إن هذا الفصل كان فصلاً شديد الذكاء وإني كنت أؤدي الاختبارات أحسن من أدائي للواجبات المدرسية .

وكنت واثقاً من أني أستطيع حقاً أن أُحسن الأداء ـ ولكن خطي وما كنت أتصف به عموماً من سؤ النظام هما السبب الذي أدى إلى خفض ترتيبي هكذا .

سو : الأسطوانة رقم ثلاثة ؟

ستيفن : وأنا طالب قبل التحرج من أكسفورد ، كنت أقرأ رواية الدوس هكسلي «نقطة امتزاج اللحن» . وكان يقصد بها أن تكون صورة للثلاثينات وكان بها عدد هائل من الشخصيات . وكان معظمها شخصيات كرتونية إلى حد ما ، ولكن كان ثمة شخصية أكثر إنسانية نوعاً ما ومن الواضح أنها صيغت على مثال هكسلي نفسه . وهي لرجل قتل زعيم الفاشيين البريطانين ، وهذه الشخصية الأخيرة تأسست على سير أوزوالد موزلي [٤] . وبعدها أتاح للحزب أن يعرف ما فعله ، وأدار على الجرامافون أسطوانات

بتهوفن للرباعية الوترية ، مجموعة ١٣٢ . وفي وسط الحركة الثالثة فتح الباب لمن طرقه وأطلق الفاشيون عليه الرصاص .

والرواية في الحقيقة سيئة جداً ، ولكن هكسلي كان محقاً في اختياره للموسيقى . ولو عرفت أن موجة مد في طريقها لأن تغرق جزيرتي الصحراوية ، سأدير أسطوانة الحركة الثالثة في هذه الرباعية .

سو : دخلتَ أكسفورد في كلية الجامعة لدراسة الرياضة والفيزياء ، وكنتَ تعمل هناك حسب ما حسبته أنت بمتوسط من حوالي ساعة واحدة في كل يوم . على أنه ينبغي القول بأنك كنت تمارس التجديف ، وتشرب البيرة ، وتلعب على الناس في شيء من المتعة ملاعيب سخيفة ، وهذا ما قرأته عنك . فماذا كانت مشكلتك؟ لماذا لم تكن تستطيع الاهتمام بعملك؟

ستيفن : كان هذا في نهاية الخمسينات ، وكان معظم الأفراد من الشبان قد خاب أملهم في ما يسمى بالمؤسسات . وبدا أنْ ليس هناك ما يمكن التطلع إليه سوى سعة العيش ومزيد من سعة العيش . وكان المحافظون قد كسبوا للتو نصرهم الانتخابي الثالث تحت شعار «لم يسبق أن عشتم في سعة هكذا» وكنت أنا ومعظم معاصريّ نحسّ بالضجر من الحياة .

سو : ومع ذلك كان مازال في استطاعتك أن تحل في ساعات معدودة مسائل كان زملاؤك في الدراسة لا يستطيعون حلها إلا في أسابيع عديدة . واضح مما قالوه وقتها «إنهم» كانوا متنبهين لكونك صاحب موهبة غير عادية . أكنت في ما تعتقد متنبهاً لذلك؟

ستيفن : وقتها كان مقرر الفيزياء في أكسفورد سهلاً سهولة مضحكة .

وكان في وسع المرء أن يجتازه دون حضور أي محاضرة ، وإنما فقط بحضور درس أو درسين للمراجعة في كل أسبوع . وما كان المرء بحاجة لأن يتذكر حقائق كثيرة ، مجرد معادلات قليلة .

سو : ولكن أما كان ذلك في أكسفورد ، حين لاحظت لأول مرة أن يديك وقدميك لا تؤدي تماماً ما تريدها أن تفعله ، كيف فسرت ذلك لنفسك وقتها؟

ستيفن : الحقيقة أن أول ما لاحظته هو أنني لم أعد أستطيع التجديف بقارب السباق الفردي على النحو الملائم . ثم سقطت سقطة سيئة أسفل سلالم القاعة العامة للطلبة الجدد . وذهب لطبيب الكلية بعد هذه السقطة حيث انتابني القلق من أنني ربما يكون عندي تلف في المخ ، ولكنه رأى أنه لا توجد أي علة وطلب مني أن أقلل من شرب البيرة . وبعد أداء امتحان التخرج في أكسفورد ذهبت إلى إيران لقضاء الصيف . وكنت بلا ريب أشد ضعفاً عند عودتي . ولكني اعتقدت أن السبب في ذلك هو ما أصابني من اضطراب شيء في معدتي .

سو : ولكن عند أي مرحلة حدث أن استسلمت لتقر بأنه توجد حقاً علة ما ولتقرر أن تطلب مشورة طبية؟

ستيفن : كنت وقتها في كمبردج ، وعدت لبيتنا في عيد الميلاد ، وكان ذلك في شتاء ٦٢ إلى ١٩٦٣ ، وكان شتاء باردا جداً . وأقنعتني أمي أن أذهب للتزحلق على البحيرة في سانت ألبانز رغم أني كنت أعرف أني حقاً لست كفئاً لذلك . فكان أن سقطت ووجدت صعوبة كبيرة في النهوض .

وأدركت أمي أن ثمة علة ما . وأخذتني لطبيب العائلة .

سو : ثم قضيت أسابيع ثلاثة في المستشفى ، وأخبروك بأسوأ ما في الأمر؟

ستيفن : الحقيقة أن ذلك كان في مستشفى بارتز بلندن ، لان أبي كان من رجال بارتز . ودخلت المستشفى لأسبوعين ، وأجريت اختبارات ، ولكنهم لم يذكروا لي أبداً ما تكونه بالفعل علتي ، في ما عدا أنها ليست تصلب متعدد وأنها حالة ليست نمطية . ولم يخبروني بما تكونه التوقعات ، ولكني خمنت ما يكفي لأن أعرف أنها توقعات جد سيئة . وبالتالي ما كنت أود أن أسال عنها .

سو : والحقيقة أنهم في النهاية أخبروك بأن ليس أمامك لتعيش سوى سنتين أو ما يقرب . دعنا ياستيفن نتوقف عند هذه النقطة من حكايتك ، لنستمع إلى أسطوانتك التالية :

ستيفن : الفصل الأول من «فالكيري» كانت هذه أسطوانة مبكرة أخرى من الأسطوانات الطويلة الزمن مع ملكيور وليمان . وكانت أصلاً مسجلة على أسطوانات بسرعة ٧٨ قبل الحرب ثم نقلت على أسطوانات طويلة الزمن في أوائل الستينات . وبعد أن شخصت حالتي على أنها مرض العصبة الحركية في ١٩٦٣ ، عكفت على فاجنر بصفته الشخص الملائم لمزاج الرؤيا السوداوية التي كنت فيها . ولسوء الحظ فإن جهازي لتخليق الكلام ليس متعلماً تعليماً جيداً جداً ، فهو ينطق فاجنر بالواو ، وعليَّ أن أتهجى الاسم على أنه فارجنر حتى يبدو أقرب للصواب .

هذا والاوبرات الأربع لسلسلة «الخاتم» هي أعظم أعمال فاجنر . وقد

ذهبت لمشاهدتها في بيروت بألمانيا مع أختي فيليبا في ١٩٦٤ . ووقتها لم أكن أعرف «الخاتم» جيداً ، وأحدثت أوبرا الفالكيري ، وهي الأوبرا الثانية في السلسلة ، تأثيراً هائلاً فيّ . وكان الإخراج لفولجانج فاجنر ، والمسرح يكاد يكون مظلماً بالكامل . والقصة هي قصة حب التوأمين سيجموند وسيجلند اللذيْن كانا قد انفصلا في طفولتهما . وهما يلتقيان ثانية عندما يلجأ سيجموند إلى بيت هوندنج ، زوج سيجلند وعدو سيجموند . والمقطع الذي اختاره هو عندما تروي سيجلند عن زفافها القهرى لهوندنج . وفي وسط الاحتفالات ، يدخل إلى القاعة رجل عجوز . وتعزف الأوركسترا اللحن المميز الفا لهالا ، وهو أحد أنبل الألحان الرئيسية في «الخاتم» لأنه خاص بووتان كبير الآلهة ووالد سيجموند وسيجلند . ويغرس ووتان سيفا في جذع شجرة . والسيف مخصص لسيجموند وفي نهاية الفصل يشده سيجموند وينطلق الاثنان في الغابة .

سو : بالقراءة عنك ياستيفن ، يبدو تقريباً أن حكم الإعدام هذا ، عندما أخبروك أنه ليس لديك غير عامين أو مايقرب تعيشهما ، هذا الحكم قد أيقظك ، أو إذا شئت قد جعلك تركز على الحياة .

ستيفن : أول تأثير له كان أن أوقعني في كآبة . وبدا أن حالتي تزداد سوء بسرعة كبيرة إلى حد ما . وبدا لي أنْ ليس هناك أي داعٍ لأن أفعل أي شيء أو لأن أعمل على بحثي للدكتوراه ، لأني لم أكن أعرف أن كنت سأعيش بما يكفي لإنهائه . ولكن الأمور أخذت تتحسن بعدها . فأخذت الحالة تتقدم ببطء أكثر ، وبدأت أتقدم في عملي ، خاصة بالنسبة لإيضاح أن

الكون لا بد وأن تكون له بداية بالانفجار الكبير .

سو : بل إنك قلت في إحدى المقابلات إنك تعتقد أنك الآن أكثر سعادة عما كنته قبل مرضك .

ستيفن : بلا ريب أنا الآن أكثر سعادة . فقبل أن يصيبني مرض العصبية الحركية كنت ضجراً بالحياة ولكن توقع الموت المبكر جعلني أدرك أن الحياة تستحق فعلاً أن تعاش . هناك الكثير مما يمكن للواحد أن يفعله ، أكثر كثيراً مما يستطيع أي فرد أن يفعله . ولديَّ إحساس حقيقي بأني قد أنجزت شيئاً وأني قد أسهمت بالنسبة للمعرفة البشرية إسهاماً متواضعاً وإنْ كان له دلالته ، وذلك رغم حالتي . وبالطبع فأنا محظوظ جداً ، ولكن أي واحد يمكنه إنجاز شيء لو حاول ذلك بما يكفي من جهد جدّي .

سو : هل تذهب إلى القول بأنك ربما ما كنت تنجز كل ما أنجزته لولا أنك مصاب بمرض العصبية الحركية أو أن هذا فقط إفراط في تبسيط الأمر؟

ستيفن : لا ، لست أعتقد أن مرض العصبية الحركية يمكن أن تكون فيه مسيرة لأي فرد . ولكنه بالنسبة لي كان أقل إضراراً بفرضي عما بالنسبة للآخرين ، لأنه لم يمنعني عن فعل ما أريد ، وهو أن أحاول فهم كيف تجري أمور الكون .

سو : كان إلهامك الآخر وأنت تحاول التوافق مع المرض هو شابة تدعى جين وايلد ، قابلتها في إحدى الحفلات ووقعت في هواها وتلى ذلك أن تزوجتها . بأي قدر تظن أنك مدين في نجاحك لها ، لجين؟

ستيفن : لاشك أني ماكنت أستطيع القيام بالأمر من غيرها . وخطوبتي لها قد انتشلتني من حمأة الاكتئاب التي كنت فيها . وحتى أتزوج كان عليّ أن أحصل على عمل وأن أنهي رسالتي للدكتوراه . وبدأت أعمل بجد ووجدت أني أستمتع بذلك وكانت جين ترعاني بمفردها بينما حالتي تسوء . وفي هذه المرحلة لم يكن هنا ، من يقدم أي مساعدة لنا ، ولا ريب أننا ما كنا نتحمل دفع أجر المساعدة .

سو : وتحديتما الأطباء معاً ، ليس فقط لأنك واصلت الحياة وإنما لأنكما أيضاً أنجبتما أطفالاً . فأنجبتما روبرت في ١٩٦٧ ، ولوسي في ١٩٧٠ ، ثم تيموثي في ١٩٧٩ ، كيف كانت صدمة الأطباء من ذلك؟

ستيفن : في الحقيقة ، فإن الطبيب الذي شخَّص مرضي نفض يديه مني . فقد أحس أنه ما من شيء يمكن عمله . ولم أره قط بعد التشخيص الابتدائي . وفي الواقع أصبح أبي هو طبيبي ، فكان هو من ألتفت إليه طلباً للمشورة . وقد أخبرني أنْ ليس هناك دليلٌ على أن المرض وراثي . وقد استطاعت جين أن ترعاني أنا وطفلين . ولم يستلزم الأمر اللجوء لمساعدة من الخارج إلا عندما ذهبنا لكاليفورنيا في ١٩٧٤م ، وكان ذلك في أول الأمر بأن يعيش معنا أحد الطلبة ، ثم فيما بعد بالممرضات .

سو : أما الآن ، فأنت وجين ماعدتما معاً بعد .

ستيفن : بعد إجراء عملية شق قصبتي الهوائية أصبحت أحتاج للتمريض طيلة أربعٍ وعشرين ساعة . وكان في هذا مزيد ومزيد من الضغط على زواجنا . وفي النهاية تركت المنزل ، وأنا الآن أعيش في شقة جديدة في

كمبردج . فنحن الآن نعيش منفصلين .

سو : هيا نسمع المزيد من الموسيقى .

ستيفن : أغنية البيتلز «من فضلك تبسطني» فبعد اختياراتي الأربعة الأولى التي كانت جدبة نوعاً ، أجد أني في حاجة إلى بعض ترفيه خفيف . وبالنسبة لي ولكثير من الآخرين كان مجيء البيتلز بمثابة نسمة هواء منعش نرحب بها بدلاً من ذلك المشهد من الأغاني الشائعة التي كانت مبتذلة سقيمة . أنا متعود على الاستماع لأغاني القمة العشرين من راديو لوكسمبرج في أمسيات الأحد .

سو : ستيفن هوكنج ، رغم كل أنواع التشريف التي انهالت عليك- وينبغي أن أذكر على وجه التحديد أن أستاذ كرسي لوكاس للرياضيات في كمبردج ، نفس كرسي إسحق نيوتن- إلا أنك قررت تأليف كتاب شعبي عن عملك ، وذلك في ما أظن لسبب بسيط جداً ، هو أنك كنت في حاجة لنقود .

ستيفن : أنا وإن كنت قد ظننت أني ربما سأكسب مبلغاً متواضعاً من كتاب شعبي ، إلا أن السبب الرئيسي ، لتأليفي «تاريخ موجز للزمان» هو أنني استمتعت بذلك . لقد انفعلت بما حدث من اكتشافات في السنوات الخمس والعشرين الأخيرة وأردت أن أخبر الناس عنها . ولم أتوقع أبداً أن ينجح كل هذا النجاح .

سو : حقاً لقد كسر الكتاب كل الأرقام القياسية ودخل ، كتاب جينيس للأرقام القياسية بسبب طول الزمن الذي يقى فيه في قائمة أكثر الكتب بيعاً

وهو مازال في هذه القائمة . ويبدو أنه ما من أحد يعرف عدد ما بيع من نسخ على نطاق العالم كله ، ولكنه بالتأكيد يزيد عن عشرة ملايين . ومن الواضح أن الناس يشترون الكتاب ، ولكن السؤال الذي يستمر إلقاؤه : هل هم يقرأونه؟

ستيفن : أنا أعرف أن برنارد ليفن تعثر عند الصفحة التاسعة والعشرين ، ولكني أعرف أفراداً كثيرين قرأوا الكتاب لما بعد ذلك . وفي كل أنحاء العالم يأتي الناس إليّ ليخبروني عن مدى استمتاعهم الكبير بالكتاب . وهم ربما لم ينهوا الكتاب كله أو لم يفهموا كل شيء قرأوه . ولكنهم على الأقل أخذوا فكرة عن أننا نعيش في كون تحكمه قوانين منطقية يمكننا أن نكتشفها وأن نفهمها .

سو : مفهوم الثقب الأسود كان أول ما شدّ خيال الجمهور وجذب الاهتمام مجدداً بعلم الفلك . هل قمت قط بالتفرج على كل ما يُعرض من مغامرات السفر إلى النجوم تلك التي «تذهب بجسارة إلى حيث لم يذهب أبداً إنسان من قبل» ، وهلم جرا ، وإذا كنت تفرجت عليها ، هل تستمتع بها؟

ستيفن : قرأت الكثير من روايات الخيال العلمي وأنا في العشرينات . ولكني الآن أعمل في هذا المجال بنفسي ولهذا فإني أجد أن روايات الخيال العلمي سطحية بعض الشيء . فما أسهل التأليف عن رحلة في الفضاء الفائق ، أو عن تشعع الناس في العلا ، مادام لا يلزم عليك أن تجعلي ذلك جزءاً من صورة متماسكة . والعلم الحقيقي فيه إثارة أكثر كثيراً لأنه يحدث

بالفعل هنالك . ومؤلفو روايات الخيال العلمي لم يطرحوا أبداً وجود ثقوب سوداء قبل أن يفكر فيها العلماء . ولكنْ الآن لدينا دليل قوي على وجود عدد من الثقوب السوداء .

سو : ماذا سيحدث لو هويتَ داخل ثقب أسود؟

ستيفن : كل من يقرأ روايات الخيال العلمي يعرف ما يحدث . لو أنك سقطت في ثقب أسود ، ستتحولين إلى ما يشبه السباجتي . ولكن الأمر الأكثر إثارة للاهتمام إلى حد بالغ هو أن الثقوب السوداء ليست سوداء بالكامل . فهي ترسل جسيمات وإشعاعاً بمعدل ثابت . وهذا يسبب تبخُّر الثقب الأسود ببطء ، أما ما سيحدث في النهاية للثقب الأسود ومحتوياته فغير معروف بعد . وهذا مجال مثير للبحث ، إلا أن مؤلفي روايات الخيال العلمي لم يدركوا بعد ذلك .

سو : هذا الإشعاع الذي ذكرته هو بالطبع ما يسمى إشعاع هوكنج . إنك لم تكن أنت الذي اكتشفت الثقوب السوداء ، وإن كنت قد واصلت البحث لإثبات أنها ليست سوداء . على أن اكتشاف هذه الثقوب هو ما جعلك تفكر تفكيراً وثيقاً عن أصل الكون ، أليس كذلك؟

ستيفن : إن تقلص أحد النجوم إلى ثقب أسود هو من أوجه كثيرة يماثل العكس الزماني لتمدد الكون . فالنجم يتقلص من حالة كثافة منخفضة نوعاً إلى حالة كثافة عالية جداً . والكون يتمدد من حالة كثافة عالية جداً إلى كثافات أقل . وهناك فارق مهم : فنحن في الخارج من الثقب الأسود ، ولكننا في الداخل من الكون . ولكن الاثنين يتميزان بإشعاع حراري .

سو : تقول إنه من غير المعروف ماذا سيحدث في النهاية للثقب الأسود ومحتوياته . ولكني كنت أعتقد أن النظرية هي أنه مهما حدث ، ومهما اختفى من شيء في الثقب الأسود بما في ذلك رواد الفضاء ، فإن كل هذا سيعاود الدوران في النهاية في شكل إشعاع هوكنج .

ستيفن : إن ما لرائد الفضاء من طاقة كتلة هو الذي سيعاود الدوران كإشعاع يشبه الثقب الأسود للخارج ، ولكن رائد الفضاء نفسه ، لا هو ولا حتى الجيسمات التي يتكون منها سيتم خروجه أو خروجها من الثقب الأسود . وبالتالي فإن السؤال هو ، ما الذي يحدث لهم؟ هل يتم تدميرهم ، أو أنهم يمرون إلى كون آخر ، هذا أمر أود بأي ثمن أن أعرفه ، وإن لم يكن سبب ذلك أني أفكر في القفز داخل ثقب أسود .

سو : هل تعمل ياستيفن بالحدس - أعني هل تصل إلى نظرية هي مما تميل له نوعاً وتجذبك ، ثم تبدأ في البرهنة عليها؟ أم أنك كعالم يكون عليك دائماً أن تشق طريقك بصورة منطقية تجاه أحد الاستنتاجات ولا تجرؤ على محاولة التخمين مقدما؟

ستيفن : أنا أعتمد على الحدس اعتماداً كثيراً . وأنا أحاول تخمين إحدى النتائج ولكن عليّ بعدها أن أبرهن عليها . وفي هذه المرحلة كثيراً ما أجد أن ما فكرت فيه لم يكن صحيحاً أو أن الأمر هو شيء آخر . لم أفكر فيه أبداً . وهذه هي الطريقة التي وجدت بها أن الثقوب السوداء ليست سوداء بالكامل . فقد كنت أحاول البرهنة على شيء آخر .

سو : مزيد من الموسيقى .

ستيفن : قد ظل موتسارت دائماً واحداً ممن أفضلهم . وهو قد ألّف كماً لا يصدق من الموسيقى . وفي ما سبق من عامنا هذا أهدى إليَّ بمناسبة عيد ميلادي الخمسين الأعمال الكاملة لموتسارت على أسطوانة مضغوطة ، ويزيد ما تستغرقه عن مائتي ساعة . ومازلت أجهد لسماعها . وأحد أعظم هذه المؤلفات هو «القداس الجنائزي» ، وموتسارت مات قبل أن ينهي القداس الجنائزي ، وأكمله أحد تلاميذه من شذرات خلّفها موتسارت . وافتتاحية القداس التي نوشك على الاستماع إليها هي الجزء الوحيد الذي كتبه موتسارت بالكامل ووزع موسيقاه .

سو : آمل أن تغفر لي ياستيفن أني سأبالغ في تبسيط نظرياتك تبسيطاً هائلاً ، وأقول إنك ذات يوم كنت تعتقد ، حسب فهمي لنظرياتك أن هناك نقطة ابتداء هي الانفجار الكبير . ولكنك الآن تعتقد أن ليس هناك بداية ولا نهاية ، وأن الكون مستقل بذاته . هل يعني ذلك أنه مع عدم وجود بداية للكون فإنه كون قديم؟

ستيفن : نعم ، إنك قد بسطت الامور تبسيطاً مخلاً . فمازلت أعتقد أن الكون له بداية في الزمان الواقعي عند الانفجار الكبير . ولكنْ هناك نوع آخر ، الزمان التخيلي الذي يتعامد على الزمان الواقعي ، حيث الكون ليس له بداية ولا نهاية . وهذا يعني أن الطريقة التي بدأ بها الكون ستتحدد بقوانين الفيزياء ولن تكون هناك حاجة للقول بأن هناك بداية للكون بطريقة تعسفية لايمكن تفهمها . فليس في الأمر شيء عن كون قديم أم لا- الأمر فقط عن بداية ليست تعسفية .

سو : وكيف تفسر الأمور التي تتجاوز العلم : الحب وما للناس من معتقدات ومالهم من اعتقاد فيك وفي إلهامك؟

ستيفن : الحب والاعتقاد والأخلاقيات تنتمي إلى مجال مختلف عن الفيزياء . وأنت لا يمكنك أن تستنبطي من قوانين الفيزياء الطريقة التي ينبغي للمرء السلوك بها . ولكن ما يمكن للمرء أن يأمله هو أن التفكير المنطقي الذي تتطلبه الفيزياء والرياضة سوف يهدى المرء أيضاً في سلوكه الأخلاقي .

سو : ولكني أعتقد أن أناساً كثيرين يشعرون أنك بالفعل قد استغنيت عن فرض وجود بداية للكون . هل تنكر ذلك .

ستيفن : كل ما ظهر من بحثي هو أننا لسنا مضطرين للقول بأن الطريقة التي بدأ بها الكون هي خبطة عشوائية . ولكن مازال هناك سؤال : ولماذا يأبه الكون بأن يكون له وجود ، وفي وسعك أن تحددي الإجابة عن هذا السؤال بأنها الله .

سو : هيا نسمع الأسطوانة رقم سبعة .

ستيفن : أنا مغرم جداً بالاوبرا . وقد فكرت في أن تكون الأسطوانات الثمان التي سأختارها كلها من الأوبرا ، ابتداء من جلوك وموتسارت ، ومروراً بفاجنر ، إلى فيردي ثم بوتشيني . ولكني في النهاية اختصرتهم إلى اثنين . وكان يلزم أن يكون فاجنر واحداً منهما ، وقررت في النهاية أن الثاني ينبغي أن يكون بوتشيني . وتوراندوت هي إلى حد بعيد أعظم أوبراته ، ولكن مرة أخرى ، فقد مات بوتشيني قبل إكمالها . والمقطع الذي اختاره هو

لتوراندوت وهو يروي كيف اغتصب المغول أميرة في الصين القديمة ورحلوا بها بعيداً . وتوراندوت من أجل أن ينتقم لذلك سوف يسأل خُطَّابها ثلاثة أسئلة ، وإذا لم يستطيعوا الإجابة سوف يعدمهم .

سو : ما الذي يعنيه عيد الميلاد بالنسبة لك؟

ستيفن : إنه يشبه نوعاً عيد الشكر عند الأمريكيين ، مناسبة يكون المرء فيها مع عائلته ويذكر شاكراً السنة الماضية . وهو أيضاً مناسبة للتطلع أماماً بالنسبة للسنة القادمة ، لما يرمز لها ميلاد طفل في إحدى الزرائب .

سو : ومن الناحية المادية في هذا الشأن ، ما هي الهدايا التي طلبتها- أم أنك هذه الأيام أصبحت في سعة بحيث صرت الرجل الذي يمتلك كل شيء؟

ستيفن : أنا أفضل المفاجآت . وإذا طلب المرء شيئاً محدداً فإنه لا يترك لمن يهديه الحرية أو الفرصة لاستخدام خياله أو خيالها . ولكني لا أبالي بأن يعرف عني أنّي مغرم بالشكولاتة المحشوة بفطر الكمأ .

سو : حتى الآن ياستيفن قد عشت لثلاثين عاماً أطول مما تنبأوا لك به . وقد كنت أباً لأطفال أخبروك بأنك لن تنجبهم أبداً . وقد كتبت أكثر الكتب بيعاً ، وقلبت رأساً على عقب معتقدات جد قديمة عن المكان والزمان . أي شيء آخر تخطط لتعلمه قبل أن ترحل عن هذا الكوكب؟

ستيفن : كل هذا لم يصبح ممكناً إلا لأني كنت محظوظاً الحظ الكافي لأن أتلقى قدراً كبيراً من العون . وأنا سعيد بما أمكنني إنجازه ولكن هناك ما هو أكثر من ذلك كثيراً مما أود أن أفعله قبل أن أموت . ولن أتكلم عن حياتي

الخاصة ، ولكنني من الواجهة العلمية أود أن أعرف كيف ينبغي أن نوحد الجاذبية مع ميكانيكا الكم ومع القوى الأخرى في الطبيعة . وعلى وجه التحديد أريد أن أعرف ما الذي يحدث لثقب أسود عندما يتبخر .

سو : والآن الأسطوانة الأخيرة .

ستيفن : عليَّ أن أجعلك أنت تعلنين عنها . فمخلق كلامي أمريكي وميئوس منه بالنسبة للفرنسية . فالأسطوانة هي لإديث بياف في أغنية «لست نادمة على أي شيء» إن هذا يكاد يلخص حياتي بالضبط .

سو : والآن ياستيفن ، لو كان في إمكانك أن تأخذ أسطوانة واحدة فقط من هذه الأسطوانات الثمان ، أي واحدة ستكون هذه الأسطوانة؟

ستيفن : سيلزم أن تكون القداس الجنائزي» لموتسارت أستطيع أن أستمع إليها حتى تنفذ البطاريات في جهازي للاستماع أثناء المشي .

سو : وكتابك؟ وبالطبع ، فإن الأعمال الكاملة لشكسبير والإنجيل ينتظرانك .

ستيفن : اعتقد أني سآخذ MIDDLEMARCH لجورج إيليوت . أظن أن شخصاً ما لعله كان فرجينيا وولف ، قال إنه كتاب للبالغين . ولست واثقاً من أني كبرت بعد هكذا ، ولكني سأحاول .

سو : ووسيلة رفاهيتك؟

ستيفن : سأطلب مخزوناً كبيراً من كريم لسعة الجلد . وبالنسبة لي فإن هذا هو خلاصة الرفاهية .

سو : إذن ، فهي ليست الشوكلاته المحشوة بالكمأ : وبدلاً من ذلك مخزون كبير من كريم لسعة الجلد . دكتور ستيفن هوكنج ، أشكرك أجزل الشكر لسماحك لنا بسماع أسطواناتك في الجزيرة الصحراوية وعيد ميلاد سعيد .

ستيفن : أشكرك لاختياري ، وأتمنى لكم جميعاً عيد ميلاد سعيداً في جزيرتي الصحراوية . وأراهنكم على أن الطقس عندي أحسن من عندكم .

هوامش

(١) ما يعرف أيضاً بأسطوانات الليزر. (المترجم)

(٢) إشارة إلى مرض هوكنج الذي أعجزه عن الحركة والكلام. (المترجمً)

(٣) المقصود أجهزة دعم التنفس والدورة الدموية صناعياً بما يُبقي زمنا على حياة المريض رغم اليأس من شفائه. (المترجم)

(٤) زعيم حزب فاشي بريطاني صغير في الثلاثينيات والأربعينيات. (المترجم)

معجم:

الصفر المطلق ABSELUTE ZERO

أقل درجة ممكنة حيث لا تحوي طاقة حرارية وتتوقف حركة كل الجزئيات. وهي ٢٧٣م.

كمية الحركة الزاوية ANGULARMOMENTUM

حاصل ضرب عزم القصور الذاتي لجسم يدور حول محور السرعة الزاوية حول المحور. والسرعة الزاوية هي معدل تغيير زاوية دوران جسم ما مع الزمن.

مضاد الجسيم أو ضديد الجسيم: ANTIPARTICLE

كل جسيم من المادة له مضاد أو ضديد. وعندما يتلامس جسيم وضديده فإن كلاً منهما يبيد الآخر في تبادل وتنتج طاقة.

المبدأ الإنساني ANTHROPIC PRINCIPLE

نحن نرى الكون بما هو عليه لأنه لو كان مختلفاً لما كنا هنا لنرقبه. فالكون لا بد وأن تكون له خواص معينة إن كان للكائنات الذكية أن توجد لتدركه. والمبدأ الإنساني يمثل محاولة لاستنباط حقائق معينة عن الكون من حقيقة أننا موجودون.

الذرة ATOM

الوحدة الأساسية للمادة العادية. وتتكون من نواة دقيقة (تتألف من البروتونات والنيوترونات) محاطة بالكترونات تدور من حولها.

الكون الطفل BABY UNIVERSE

حسب نظريات معينة فيها تخمين بالغ قد تتوالد الأكوان، بما فيها كوننا هذا، توالداً ذاتياً من عملية تبرعم. والكون الطفل يكون واحداً من هذه البراعم التي تكونت حديثاً.

باريونات BARYONS

جسيمات ثقيلة مثل النيوترونات والبروتونات. والأنواع الأخرى من الباريونات لا تلاحظ إلا في المعمل.

الانفجار الكبير BIG BANG

الكون بدأ بمفردة الانفجار الكبير. فهو يكون في أول الأمر في حالة انضغاط شديد وحرارة عالية جداً تؤدي إلى تمدد انفجاري هو الانفجار الكبير.

الانسحاق الكبيرBIG CRUNCH

مفردة قد ينتهي بها الكون إذا توقف تمدده وانعكس إلى حال من التقلص حتى ينتهي في انسحاق كبير. وهذا هو النقيض للانفجار الكبير.

الثقب الأسود BLACK HOLE

منطقة في المكان– الزمان لا يستطيع أي شيء أن يهرب منها، ولا حتى الضوء، لأن الجاذبية عندها قوية جداً. والثقب الأسود عادة هو بقية منضغطة لنجم ميت.

حركة براونية BROWNIAN MOVEMENT

حركة عشوائية غير منتظمة للجسيمات الدقيقة المعلقة في مائع. وهي منسوبة إلى مكتشفها روبرت براون.

الثابت الكوني COSMOLOGICAL CONSTANT

ثابت أدخله اينشتين على معادلته عن الجاذبية كحيلة رياضية ليضفي على المكان– الزمان نزعة للاستقرار تعارض ما ظهر من نظريات بأن الكون ينزع للتمدد، وهي نظريات ظهرت كنتيجة لنشرية إينشتين نفسه عن النسبية العامة.

علم الكونيات: COSMOLOGY

دراسة الكون ككل.

المادة المظلمة DARK MATTER

ثبت أن ٩٠ في المائة على الأقل من كتلة الكون موجودة في شكل مادة مظلمة أي غير مضيئة ولا يمكن رصدها من خلال التليسكوبات. وهناك احتمالات عما يكوّن المادة المظلمة فهي إما مصنوعة من جسيمات خفيفة مثل جسيمات النيوترينو، أو هي من جسيمات ثقيلة من نوع أو آخر.

مذهب الحتمية DETERMINISM

مبدأ بثبوت القوانين الطبيعية بلا مصادفة ولا تخلف، وكل شيء في الوجود يرد إلى العلة والمعلول، وعلى هذا المبدأ يعتمد الاستقراء في العلوم الطبيعية. وهذه الحتمية الصارمة هيمنت على التفكير العلمي في القرن التاسع عشر، ثم ظهرت ميكانيكا الكم في القرن العشرين فلم تعد الحتمية العلمية بهذه الصرامة لوجود احتمال أكثر من نتيجة للسبب الواحد.

د ن ا (دنا) DNA

اختصار للحامض النووي دي اوكس ريبو ينوكليك، وهو المادة الأساسية لمورّثات الخلية أو جيناتها الموجودة في النواة، ودوره رئيسي في الوراثة.

القوة الكهرومغناطيسية ELECTROMAGNETIC FORCE

القوة التي تنشأ بين الجسيمات ذات الشحنة الكهربائية. وهي ثاني أقوى قوة من القوى الأربع الأساسية. وهي التي تبقي على الإلكترونات في مدارها حول النواة، وتجعل ذرات المادة تبدو جامدة. وهي أيضاً المسؤول عن موجات الراديو (اللاسلكي) والضوء.

الكترون ELECTRON

جسيم له شحنة كهربائية سالبة ويدور حول نواة الذرة.

الكترون فولت ELECTRON VOLT

وحدة الطاقة اللازمة لدفع أحد الالكترونات عبر فارق جهد من فولت واحد. وحيث أنها وحدة صغيرة جداً فإنها لا تستعمل كثيراً، والأكثر شيوعاً هو الوحدات الأكبر مثل مي فولت وجي فولت.

الجسيمات الأولية ELEMENTARY PARTICLES

الجسيم الأولي يعتقد أنه لا يمكن انقسامه لما هو أصغر.

إنتروبيا ENTROPY

نظرية بأن ترتيب جزئيات المادة ينزع دائماً إلى التغيير من الانتظام إلى ما هو أكثر اضطراباً وفوضى، بما يظهر كزيادة في الانتروبيا. والانتروبيا لها كمية رياضية متداولة في علم الديناميكا الحرارية حسب معادلة خاصة.

سرعة الإفلات ESCAPE VELOCITY

السرعة اللازمة لجسم حتى يفلت من جاذبية أحد الأجرام، كما مثلاً عند إطلاق صاروخ ليفلت من جاذبية الأرض إلى الفضاء.

الأثير ETHER

قبل ظهور نظرية النسبية لإينشتين كان يفترض ضرورة وجود وسط يتحرك فيه الضوء وتنسب حركته إليه، وهذا الوسط سمي الأثير. ولكن نظرية إينشتين أثبتت عدم الحجة لوسط الأثير هذا وأن سرعة الضوء دائماً ثابتة.

حدث EVENT

نقطة في المكان تتعين بزمانها ومكانها.

أفق الحدث EVENT HORIZON

حد الثقب الأسود.

مبدأ الاستبعاد EXCLUSION PRINCIPLE

مبدأ للفيزيائي النمساوي باولي بأنه لا يمكن لجسيمين أوليين متماثلين (من لف نصف) أن يكون لهما معاً نفس الموضوع ونفس السرعة، وذلك في حدود ما يفرضه مبدأ عدم اليقين. والمبدأ في أول الأمر كان يتناول الإلكترونات في الذرة بحيث أنه لا يمكن لإلكترونين في إحدى الذرات أن يكونا في نفس الحالة من الطاقة، ثم وسع ليشمل كل جسيمات المادة. وهو يتضمن أيضاً أن الجسيمين المتماثلين لا يمكن الإتيان بهما ليكونا قريبين معاً.

القوى FORCES

يوجد في الكون أربع قوى هي الكهرومغناطيسية، والجاذبية، والقوة النووية القوية، والقوة النووية الضعيفة. والقوى الضعيفة والكهرومغناطيسية يمكن أن يُعدّا مظهرين لقوة واحدة هي الكهرضعيفة. ويحاول العلماء أن يجدوا نظرية تجمع القوى الأربع كلها في إطار واحد.

النسبية العامة GENERAL RELATIVITY

نظرية إينشتين المؤسسة على فكرة أن قوانين العلم ينبغي أن تكون متماثلة بالنسبة لكل القائمين بالملاحظة بصرف النظر عن كيفية تحركهم، وهي تفسر قوة الجاذبية بحدود من انحناء المكان – الزمان ذي الأبعاد الأربعة، وتفسر سلوك الأجرام الكونية الكبيرة كالمجرات والنجوم.

جي ف GEF

٩١٠ الكترون فولت أي بليون الكترون فولت. وجي هنا ترمز إلى جيجا.

جلونات GLUONS

جسيمات القوة التي تربط الكوراكات معاً.

نظرية موحدة كبرى GRAND UNIFIED THEORY (GUT)

النظرية التي تحاول أن توحد القوى الكهرومغناطيسية والقوية والضعيفة. وهناك اكثر من نظرية من هذا النوع فيها الكثير من التخمين. وهي لا تشمل قوة الجاذبية.

جرافيتون GRAVITON

جسيم افتراضي يحمل قوة الجاذبية. ورغم انه لم يتم بعد الكشف عن الجرافيتونات إلا أن الفيزيائيين واثقون من وجودها.

الهادرونات HADRONS

جسيمات تحس بالقوة القوية ويمكن تقسيمها إلى باريونات وميزونات.

إشعاع هوكنج HAWKING RADIATION

أثبت هوكنج أن ثمة إشعاع قد ينبعث من الثقب الأسود رغم أنه بالتعريف لا يمكن أن يهرب منه أي شيء ولا حتى الضوء. وقد شرح هوكنج ميكانزمات انبعاث هذا الإشعاع مستخدماً ما أسماه الجاذبية الكمية. أي مزج لنظريات الجاذبية وميكانيكا الكم، وسمي الإشعاع باسمه.

الزمان التخيلي IMAGINARY TIME

نظرية رياضية حيث يقاس الزمان بنوع من الأرقام يسمى بالأرقام التخيلية.

التمدد الانتفاخي (التضخمي) INFLATIONARY EXPANSION

حسب هذه النظرية يمر الكون بحالة من تمدد بالغ السرعة في فترة مبكرة من تاريخه، تشبه تمدد البالونة عند نفخها. والنظرية لها أشكال عديدة مختلفة.

الذرائعية INSTRUMENTALISM

مذهب برجماتي يرى أن كل التفكير هو أداة للسلوك ووسيلة لتنمية الخبرة والعمل، وما يقرر قيمة الفكرة هو ما لها من فائدة.

لبتونات LEPTONS

اللبتون جسيم خفيف، وهناك ست لبتونات وهي: الإلكترون، وجسيمان مشابهان للإلكترون هما الميون والتاونن، وثلاثة أصناف مختلفة من النيوترينو كل واحد منها يصاحب أحد الجسيمات المشابهة للإلكترون.

الميزونات MESONS

جسيمات تربط البروتونات والنيوترونات معاً في النوى. والميزون يتكون من كوارك وضديد كوارك. وقد تم رصد أنواع كثيرة مختلفة من الميزونات ولكن البايميزون أو البيون هو الأكثر شيوعاً في رؤيته.

ميتافيزيقا (مابعد الطبيعة، ماوراء الطبيعة) METAPHSICS

الأصل أنه اسم لكتاب لأرسطو جاء ترتيبه بعد كتاب الطبيعة، ولكنه الآن يدل على أحد اقسام الفلسفة الذي اختلف مدلوله على مر العصور. فهو عند (أرسطو) علم المبادىء العامة والعلل الأولى، وعند (ديكارت) معرفة الله والنفس. وعند (كانت) مجموعة المعارف التي تجاوز نطاق التجربة وتستمد من العقل وحده، وعند (كونت) معرفة تحاول الكشف عن حقيقة الأشياء وأصلها ومصيرها وهي معرفة بين اللاهوت والعلم والوضعي.

إشعاع الخلفية الميكروويفي MICROWAVE BACKGROUND RADITION

خلفية للكون من موجات الميكروويف (موجات راديو طول الموجة منها سنتيمرات معدودة)، وهي تسقط باستمرار على الأرض من كل اتجاه في الفضاء، وهذا الإشعاع بقية من إشعاع توهج الكون المبكر في الانفجار الكبير.

ميون MUON

ليتون له خواص مماثلة للالكترون ولكنه أثقل منه ٢٠٧ مثل. والميونات لا ترصد إلا في المعمل. فهي ليست من مكونات المادة العادية.

الانتخاب الطبيعي NATURAL SELECTION

حسب نظرية التطور لداروين فإن الآلية الاساسية للتطور هي انتخاب الأنواع الاكثر قدرة على التكيف مع البيئة لتبقى حية وتتكاثر بينما تبيد الأنواع الاخرى.

نيوترينو NEUTRINO

جسيم أوّلي خفيف جداً وغير مشحون. ولا يعرف بالضبط إن كانت كتلته صفر أو أن مقدار هذه الكتلة صغير جداً بحيث يصعب قياسه. وهو من ثلاثة أنواع: نيوترينو الالكترون ونيوترينو الميون ونيوترينو التاوون.

نيوترون NEUTRON

جسيم بلا شحنة مشابه جداً للبروتون ومسؤول في اغلب الذرات عما يقارب نصف جسيمات النواة.

نجم نيوتروني NEUTRON STAR

نجم بارد، يقوم على التنافر بين النيوترونات حسب مبدأ الاستبعاد. وهو أصلاً نجم قد استنفد وقوده النووي فتقلص على نفسه حتى استقر كنجم نيوتروني. ويتوقف ذلك على كتلة النجم الاصلي.

شرط اللاحدية NO BOUNDARY CONDITION

فكرة أن الكون متناهٍ ولكنه بلا حد (في الزمان التخيلي).

مذهب الإسمية NORMALISM

مذهب بأن الكليات أو المفاهيم المجردة لا وجود لها لا في الواقع ولا في الذهن، فهي مجرد ألفاظ تدل على عدد غير محدد من الأشياء. والنظريات والقوانين العلمية ليست إلا صيغاً يُتواضع عليها. والإسمية تقابل الواقعية والتصويرية.

نيوكليد (نويدة) NUCLEIDE

اسم يطلق على الذرّة متى تحددت نواتها بعدد ما تحويه من البروتونات والنيوترونات وما يكفي فيها من الطاقة.

نواة NUCLEUS

الجزء المركزي في الذرة ويتكون فقط من البروتونات والنيوترونات، التي تتماسك معاً بالقوة القوية. والبروتونات والنيوترونات هي بدورها تتكون من الكواركات.

معلمات PARAMETERS

ثابت تحكمي في المعادلات يتخذ قيماً مختلفة وفقاً لاختلاف المتغيرات في الحالة المعينة.

معجل جسيمات PARTICLE ACCELERATOR

ماكينة تستطيع باستخدام المغناطيسات الكهربائية أن تعجل الجسيمات المشحونة المتحركة معطية إياها طاقة أكبر.

نظرية الاضطراب PERTURBATION THEORY

كثيراً ما تكون المعادلات الرياضية التي يستخدمها العلماء بالغة التعقيد بحيث لا يمكن حلها حلاً مضبوطاً. ونظرية الاضطراب هي منهج للوصول إلى حل تقريبي.

فوتون PHOTON

جسيم بلا كتلة هو جسيم الضوء أو كم الضوء. والضوء حسب نظرية الكم يمكن أن ينظر إليه على أنه موجات أو على أنه تيارات من الجسيمات. والفوتونات أيضاً مسؤولة عن نقل القوة الكهرومغناطيسية. وكمثل، فإن تبادل الفوتونات التقديرية هو الذي يسبب أن تتجاذب الجسيمات المشحونة كهربائياً أحدها مع الآخر أو أن تتنافر.

مذهب الوضعية POSITIVISM

مذهب (كونت) الذي يرى أن الفكر لا يدرك إلا الظواهر الواقعية والمحسوسة وما بينها من علاقات وقوانين. والعلوم التجريبية هي قمة اليقين وبالتالي فلا مجال للبحث عن طبائع الأشياء أو عللها التجريدية.

بوزيترون POSITRON

ضديد الإلكترون وله نفس كتلته إلا أن شحنته موجبة.

ثقب أسود بدائي PRIMORDIAL BLACK HOLE

ثقب أسود يتم استحداثه في الكون المبكر جداً.

بروتون PROTON

جسيم في النواة ذو شحنة موجبة ويتكون من الكواركات. والبروتونات تكون بالتقريب نصف جسيمات النواة في معظم الذرات.

النابض PULSAR

بقية من احتراق نجم مضغوط ضغطاً شديداً وتدور سريعاً، وتبث موجات راديو في اتجاه معين، وإذا حدث لحزمة موجات الراديو أن مرت كاسحة عبر الأرض (مثلما تمر حزمة من أشعة ضوء كشاف عبر إحدى السفن) فإنه يتم رصد نبضات من طاقة الراديو. والنابضات نجوم إلكترونية هي إحدى النهايات المحتملة عند تقلص أحد النجوم لنفاد وقوده النووي.

كم (كمّات) QUANTUM (QUANTA)

الكم وحدة لا تنقسم هي التي يمكن أن تبعث بها الموجات أو تمتص.

ميكانيكا الكم QUANTUM MECHANICS

نظرية تفسر سلوك الجسيمات الأصغر من الذرّة (تحت الذرّية) وتتأسس على مبدأ الكم لبلانك ومبدأ عدم اليقين لهايزنبرج.

الديناميات اللونية الكمية QUANTUM CHROMODY NAMICS (QCD)

النظرية التي تفسر سلوك الكواركات. وحسب هذه النظرية يكون للكواركات خاصية تعرف باللون، هي مما يماثل الشحنة الكهربائية، والكواركات ذات الألوان المختلفة تتبادل جسيمات لنقل القوة تسمى جلونات. وهذه التبادلات ينشأ عنها قوة شد. وكلمة (الكمية) هنا تشير إلى حقيقة أن ديناميكا اللون الكمية تتأسس على ميكانيكا الكم، بينما كلمة (اللونية) هي إشارة إلى الدور الذي تلعبه شحنة اللون وليس إلى لون فيزيائي حقيقي له موجة كالالوان.

الكواركات QUARKS

جسيم أوّلي مشحون بالقوة النووية والبروتونات والنيوترونات يتكون كل منها من ثلاثة كواركات، وكذلك الميزونات. والكواركات يمكن أن تكون ثلاثة أنواع مختلفة من الشحنة اللونية تسمى الأحمر والأخضر والأزرق، ولكن هذه الشحنات لا علاقة لها بالالوان الفعلية. والكواركات تأتي أيضاً في ست نكهات: عالي وسفلي، وغريب وساحر، وقاع وقمة، كلمة نكهة هنا مصطلح فني يعني: نوع أو صنف.

كوازارات QUASARS

القلوب المضيئة للمجرات صغيرة السن التي توجد علي أبعاد كونية سحيقة. ويعتقد أن سطوعها يرجع إلى إشعاع تبثه مادة ساخنة تهوي داخل ثقوب سوداء ذات كتلة فائقة هي مركز الكوازارات.

الواقعية REALISM

مذهب يسلم عموماً بوجود الحقائق خارجة عن الذهن، أو بأن المادة لها وجود حقيقي مستقل عن الإدراك العقلي. وهي تقابل المثالية.

عملاق أحمر RED GIANT

عندما ينتهي الوقود النووي لأحد النجوم فإنه قد يتمدد أولاً إلى عملاق أحمر يبتلع ما حوله من كواكب، كأن تبتلع الشمس الأرض والكواكب الأخرى الأقرب، وبعدها فإن النجم يتقلص ثانية فيستقر في حالة الشمس كقزم أبيض.

إعادة التطبيع RENORMALIZATION

في نظريات مجال الكم كثيراً ما تنشأ مقادير لا متناهية تثير المشاكل، كما مثلاً في ديناميكا اللون الكمية. وإعادة التطبيع إجراء رياضي للتخلص من هذه المقادير. وإذا كانت النظرية مما لا يمكن إعادة تطبيعه فإنها تنبذ على أنها متماسكة.

المفردة SINGULARITY

إذا انضغط قدر من المادة بالجاذبية إلى ما هو رياضياً نقطة، فهذه النقطة من الكثافة اللامتناهية هي ما تكونه المفردة، والمفردة نقطة في المكان- الزمان، يصبح انحناء المكان- الزمان عندها لا متناه، وأغلب الاحتمال أن الظواهر الكمية ستبين أن كثافة المادة لا تصبح قط في الواقع كثافة لا متناهية، وأن المفردات لا توجد في الطبيعة.

نظرية المفردة SINGULATORY THEORY

نظرية تبين أن المفردة لا بد وأن توجد في ظروف معينة حسب النسبية العامة، وبالذات أن الكون بدأ ولا بد بمفردة الانفجار الكبير.

المكان-الزمان (الزمكان) SPACE- TIME

مصطلح يوصّف به الفيزيائيون أبعاد المكان الثلاثة وبعد الزمان. ونظرية إينشتين النسبية قد أدت إلى كثرة استخدام المصطلح لأن فيزياء إينشتين يتفاعل فيها المكان والزمان على نحو لا يحدث في ميكانيكا نيوتن. ونقط المكان– الزمان هي الأحداث.

النسبية الخاصة special relativity

نظرية لإينشتين تتأسس على فكرة أن قوانين العلم ينبغي أن تكون متماثلة لكل القائمين بالملاحظة ممن يتحركون حركة حرة، بصرف النظر عن سرعتهم، ويصدق هذا على قوانين نيوتن للحركة كما يصدق أيضاً بالنسبة لسرعة الضوء. فينبغي أن يقيس كل الملاحظين نفس سرعة الضوء بصرف النظر عن سرعة تحركهم. وقد خرج إينشتين من هذه النظرية بمعادلته الشهيرة عن تكافؤ الكتلة والطاقة: الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء.

لف (برم) الجسيمات SPIN OF PARTICLES

خاصية داخلية للجسيمات الأولية تنسب إلى مفهوم اللف في الحياة اليومية وإن كانت لا تتطابق معه بالكامل، وتعرف بأنها كمية الحركة الزاوية لجسيم أوّلي بدون اعتبار لحركته المدارية. والجسيمات الأولية المكونة للمادة كالالكترون تكون وحدات لفها بكسر من النصف ومضاعفاته أي ١/ ٢ أو ٣/ ٢ أو ٥/ ٢ وهلم جرا. وجسيمات نقل القوى كالفوتون تكون وحدات لفها بأعداد صحيحة بدون كسور.

القوة القوية (النووية) STRONG FORCE

أقوى قوة من القوى الأربع الأساسية في الكون وأقصرها كلها في مدارها. وهي تمسك الكواركات معاً في داخل البروتونات والنيوترونات، كما تمسك البروتونات والنيوترونات معاً لتكوّن الذرات.

الجاذبية الفائقة SUPER GRAVITY

اسم يطلق على عدد من النظريات التي حاولت تفسير كل القوى الأربع في إطار واحد. على أنه ما من نظرية منها ثبت نجاحها بالكامل. ويرى العلماء أن نظريات الأوتار الفائقة فيها ما يعد بأكثر من نظريات الجاذبية الفائقة.

نظريات الأوتار الفائقة SUPER STRING THEORIES

حسب هذه النظريات فإن كل الجسيمات الأولية المعروفة قد تكون مكونة من أنشوطات متذبذبة في مكان– زمان من عشرة أبعاد، وتعرف بالأوتار الفائقة. وينتقد الكثيرون نظريات الأوتار الفائقة لأنه لم ينتج عنها تنبؤ واحد كمّي يمكن اختباره في المعمل. بينما يعتقد أنصارها أنه لو ثبت نجاحها فإنها ستحدث ثورة في مفاهيم العلماء عن الطبيعة.

الديناميكا الحرارية THERMODYNAMICS

علم يبحث العلاقة بين خواص المواد وتفاعلاتها التي تتأثر بالحرارة وتحول الطاقة من وجه لآخر.

مبدأ عدم اليقين (لهايزنبرج) UNCERTAINTY PRINCIPLE

مبدأ أساسي في ميكانيكا الكم يقول بأن لا يمكن قط التأكد بالضبط من كلٍ من موقع الجسيم وسرعته معاً. وكلما عرفنا واحداً منهما بدقة أكبر قلّ مانستطيع معرفته عن الآخر.

الجسيمات التقديرية VIRTUAL PARTICLES

ميكانيكا الكم تسمح بأن تندفع الجسيمات إلى الوجود حتى عندما تكون الطاقة المطلوبة لتخليقها غير متاحة. على أن مديونية الطاقة التي تخلق هكذا يجب أن يرد ثمنها، وسرعان ما تختفي هذه الجسيمات

التقديرية. ورغم أن هذه الجسيمات لا يمكن أبداً الكشف عنها مباشرة إلا أن وجودها له بالفعل تأثيرات فيزيائية حقيقة يمكن قياسها. وهي مسؤولة عن كل القوى التي نلاحظها في الطبيعة.

جسيمات دبليو(W) W.PARTICLES

جسيمات ناقلة للقوى (بوزونات) تنقل القوى المسؤولة عن التحلل الإشعاعي أي القوى النووية الضعيفة، مثلها مثل جسيمات زد (Z) وهي من نوعين +W ; -W وذات كتلة كبيرة جداً بالنسبة للجسيمات.

القوة الضعيفة (النووية) WEAK (NUCLEAR) FORCE

ثانية أضعف قوة من القوى الأربع الأساسية، ومداها قصير جداً، وهي مسؤولة عن التحلل الإشعاعي.

القزم الأبيض WHITE DWARF

عندما ينفذ الوقود الذري لأحد النجوم تتغلب قوة الجاذبية الداخلية على قوى تمدده بالتفاعلات الذرية، فيتقلص النجم إلى حجم أصغر، ثم يستقر ثانية في حجمه الصغير في واحد من حالات عديدة حسب كتلته الأصلية. والقزم الأبيض نجم بارد مستقر يقوم على التنافر بين الإلكترونات حسب مبدأ الاستبعاد.

الثقب الأبيض WHITE HOLE

فرض نظري هو العكس الزماني للثقب الأسود. وهو جرم يمكن للأشياء أن تخرج منه ولكن لا يوجد أي شي يمكنه أن يهوي داخله. وليس للثقب الأبيض وجود فيزيائي فهو فحسب مفهوم نظري.

الثقب الدودي WORM HOLE

ممر طويل يوصل بين منطقتين من المكان منفصلين بمسافة واسعة. ولو كان ثمة وجود لأكوان أخرى. فإنه يمكن أيضاً أن نتصور أن كوننا يمكن أن يتصل بهذه الأكوان الأخرى بواسطة ثقوب دودية. والثقوب الدودية هي مجرد مفهوم نظري ولم يتم رصدها في الواقع.

جسيمات زد (Z) Z. PARTICLES

جسيمات ناقلة للقوة (بوزونات) وهي تنقل القوي المسؤولة عن التحلل الإشعاعي (القوة النووية الضغيفة)، مثلها في ذلك جسيمات دبليو W. وهي ذات كتلة كبيرة جداً بالنسبة للجسيمات.

المؤلف

د. ستيفن هوكنج، أستاذ كرسي لوكاس للرياضيات بجامعة كمبردج، وهو نفس الكرسي الذي شغله إسحق نيوتن صاحب النظريات المعروفة عن الجاذبية، وبول ديراك صاحب معادلة الإلكترون. وهوكنج له نظريات حديثة عن نشأة الكون ومستقبله وعن الثقوب السوداء وعن الجاذبية الكمية اللازمة للوصول إلى النظرية الموحدة الكبري أو نظرية كل شيء. وقد شرح بعض نظرياته في كتاب شعبي موجه لغير المتخصصين، هو «تاريخ موجز للزمان» ونشره في ١٩٨٨م ومازال هذا الكتاب حتى الآن في قائمة أحسن الكتب بيعاً.

المترجم

د. مصطفى ابراهيم فهمي، دكتوراه في الكيمياء الإكلينكية من جامعة لندن ١٩٦٩ عمل أستاذاً ورئيساً لقسم الباثولوجيا الإكلينكية بالأكاديمية الطبية العسكرية بالقاهرة، ثم رئيساً للمجلس الموحد للأمراض الباطنية بالأكاديمية.

تفرغ حالياً للكتابة في الثقافة العلمية الموجهة لغير المتخصصين، وابتداءً من ١٩٨٨ ترجم ونشر أحد عشر كتاباً من هذا النوع.

الفهرس

هذا الكتاب

يقدم د. ستيفن هوكنج ـ أحد أبرز علماء القرن العشرين في مجال الفيزياء النظرية، وشاغل كرسي نيوتن وانشتاين ـ خلاصة نظرياته العلمية التي كان لها دويها في الأوساط العلمية ، مثل اثباته لنشأة الكون بالانفجار الكبير، وأعماله عن تقلص النجوم إلى ثقوب سوداء ، ونظريته عن احتمال وجود أكوان عديدة تبدأ كالبراعم أو الاكوان الطفلة ، مبيناً الشروط اللازمة لظهور نظرية كبرى تفسر كل الفيزياء والكون.



المجمع الثقافي

CULTURAL FOUNDATION

ص . ب . ٢٣٨٠ ـ ابوظبي ـ الامارات العربية المتحدة ـ هاتف : ٢١٥٣٠٠

P.O. BOX : 2380 - ABU DHABI - U . A . E . - TEL. 215300 - CULTURAL FOUNDATION